

REUTILIZAÇÃO DE CONTAINER MARÍTIMO NA CONSTRUÇÃO DE ESPAÇOS EDUCACIONAIS: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL E INOVADORA

Data de aceite: 01/04/2024

Ivonete Borne

Universidade Federal da Paraíba – UFPB
Centro de Energias Alternativas e
Renováveis - CEAR
João Pessoa – PB

Fabiano Salvadori

Universidade Federal da Paraíba – UFPB
Centro de Energias Alternativas e
Renováveis - CEAR
João Pessoa – PB

Oswaldo Hideo Ando Junior

Universidade Federal Rural de
Pernambuco - UFRPE
Grupo de Pesquisa em Energia &
Sustentabilidade Energética - GPEnSE
Cabo de Santo Agostinho – PE

RESUMO: Este artigo promove uma revisão abrangente sobre a viabilidade da reutilização de containers na construção civil, com ênfase na criação de espaços educacionais no contexto brasileiro. A pesquisa visa explorar o potencial construtivo dos containers, considerando sua interação com a sustentabilidade no setor da construção, visando suprir a crescente demanda por ambientes educacionais. A metodologia adotada

envolveu extensa pesquisa bibliográfica e análise de projetos correlatos, destacando a aplicabilidade do método. Com base nas informações consolidadas, constatou-se que a reutilização de containers marítimos se configura como uma alternativa viável, proporcionando benefícios sociais, ambientais e econômicos significativos para o setor educacional.

PALAVRAS-CHAVE: Container, Sustentabilidade, Arquitetura Escolar, Construção Civil, Reutilização.

REUSE OF MARITIME CONTAINER IN THE CONSTRUCTION OF EDUCATIONAL SPACES: A SUSTAINABLE AND INNOVATIVE APPROACH

ABSTRACT: This article promotes a comprehensive review on the feasibility of reusing containers in construction, with an emphasis on the creation of educational spaces in the Brazilian context. The research aims to explore the constructive potential of containers, considering their interaction with sustainability in the construction sector, aiming to meet the growing demand for educational environments. The methodology adopted involved extensive bibliographical research and analysis of related projects,

highlighting the applicability of the method. Based on consolidated information, it was found that the reuse of maritime containers is a viable alternative, providing significant social, environmental, and economic benefits for the educational sector.

KEYWORDS: School Library, Container, Sustainability, School Architecture.

INTRODUÇÃO

O conhecimento é uma construção interior individual, em que os processos de construção são ativados no íntimo de cada indivíduo. Deste modo, os ambientes de ensino-aprendizagem exercem um papel crucial contribuindo para a formação e permitindo um processo de aprendizagem contínua. Logo, os ambientes destinados a ensino e aprendizagem transformam-se ao longo dos anos, dessa forma a arquitetura está cada vez mais presente nesses espaços com a preocupação em adequar a arquitetura escolar a novos formatos e exigências das metodologias de ensino, de acessibilidade e ergonomia (Kowaltowski, 2011).

Atualmente o tema construção, é essencial relacioná-lo com práticas que minimizam os impactos causados ao meio ambiente, visto que este setor é um dos que mais gera resíduos; então, antes de se projetar, é preciso refletir quanto à forma construtiva e materiais empregados, de modo a adotar iniciativas que promovam a sustentabilidade.

Destaca-se que os impactos causados pela construção civil ocorrem de forma visível e invisível, como por exemplo com o transporte aos quais consomem combustíveis fósseis, e ocasionam geração de outros resíduos. Além disso, a construção civil no mundo tem um consumo de: “matérias primas (30%), água (25%) e solo (12%). Além disso contribuem para emissão de poluentes como: atmosféricos (40%), efluentes de água (20%), resíduos sólidos e outras liberações (13%)” (Tavares, 2006 *apud* Levin, 1997).

Portanto, este estudo apresenta uma revisão que aborda as barreiras físicas, econômicas e geográficas da utilização de soluções arquitetônicas sustentáveis e tecnológicas aliando a inovação à promoção da sustentabilidade no ambiente acadêmico no país. A importância desse estudo é evidenciada pela demanda de espaços de educação, juntamente com a escassez de recurso, a viabilidade da reutilizando o container como método construtivo e o ganho de tempo de construção. Sendo assim, pode ser um passo essencial para preencher o déficit de infraestrutura com redução dos custos e de tempo de execução.

Diante desta problemática, o capítulo tem como objetivo apresentar e discutir sobre o potencial da reutilização de container marítimo como método construtivo sustentável em Ambientes Educacionais na realidade Brasileira. Por fim, apresenta-se alguns casos de sucesso da aplicabilidade do container marítimo como método construtivo em espaços de ensino e aprendizagem.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos e definições sobre a construção civil no ambiente educacional. No decorrer do capítulo aponta-se aspectos a partir do ponto de vista teórico, trazendo dados que evidenciem a aplicabilidade do método em análise, a qual foi dividida em alguns temas principais: Construção sustentável e informações que fornecem suporte ao seu desenvolvimento; e a reutilização do container marítimo como alternativa de método construtivo.

Construção Sustentável

O método mais utilizado no Brasil para a construção civil é de alvenaria, muito em função de sua popularidade, do desconhecimento e do receio em se construir com outras técnicas. Além de sua baixa produtividade este método se utiliza de inúmeros recursos naturais para sua execução, com isso ocasiona um grande impacto ambiental, devido ao elevado desperdício de resíduo gerado durante todo o processo construtivo (Vasques; Pizzo, 2014, p. 2). Tavares (2006) afirma que, é consumido pelo setor da construção entre 14% e 50% de toda matéria-prima extraída na natureza, 16% de recursos hídricos e cerca de 40% de fonte de energia.

A escolha pela forma de construir e quais materiais serão utilizados, é primordial para amenizar os impactos causados pela cadeia construtiva, uma vez que necessitamos atender as demandas emergentes humanas (Araújo, 2022, p.23), em contrapartida procurar minimizar os danos causados por ela, através de uma construção mais sustentável. Santos afirma que a construção sustentável é aquela que adota um conjunto de medidas afim de minimizar os impactos negativos causados ao meio ambiente. Para uma edificação ser sustentável não basta apenas reutilizar materiais, deve-se levar em consideração todas as fases de implantação, assim, a compatibilização de todos os projetos desde o início é essencial para evitar perdas e consumos elevados de produtos e serviços (Santos, 2017, p. 13).

Com a intenção de minimizar os impactos causados pela indústria civil, a Agenda 21 Brasileira, elenca alguns pontos que devem ser necessários no combate ao desperdício, os quais envolvem desde a criação de legislação de forma mais objetiva, priorizando o reaproveitamento e redução dos resíduos gerados ao longo do processo, como também possuir destinos corretos para os mesmos, e priorizar também a segurança do funcionário da construção civil, através de tecnologias efetivas primando para a diminuição do desperdício gerado.

O panorama da construção civil mundial, em sua grande maioria não atendem aos critérios sustentáveis, Tavares (2006) considera que para uma construção ser considerada sustentável, é fundamental que alguns princípios sejam aplicados como: “na extração e no beneficiamento de matérias primas, no planejamento, no projeto, na técnica construtiva dos edifícios e na sua infraestrutura, até na sua desconstrução e no gerenciamento dos resíduos resultantes”.

Portanto, ao se analisar o ciclo de vida de uma edificação, que engloba desde a fabricação da matéria-prima necessária, como também a logística no transporte destes insumos até a finalização da obra, se torna um processo extenso e com grande geração de resíduos (Mussnich, 2015, p.02). No entanto, existem opções que podem corroborar para minimizar os efeitos ocasionados pelo processo construtivo, como por exemplo a reutilização de containers marítimos, pois além de contribuir no descarte e reuso deste material, contribui para reduzir os impactos causados pelos resíduos da construção civil.

Ademais, existem inúmeras técnicas de projetar de forma mais sustentável, como por exemplo utilizando como ferramenta a proposta realizada pelo Grupo de Trabalho de Materiais do Conselho Brasileiro da Construção Sustentável (CBCS), idealizaram a criação de um método que tem como objetivo estipular os dez (10) princípios norteadores do desempenho ambiental praticados na construção civil.

O intuito dos princípios citados na figura acima é a mensuração dos indicadores referentes as etapas de construção, que são: Consumo de Energia, Consumo de Água, Consumo de Recursos, Geração de Resíduos e Emissão de CO para verificar os níveis gerados pela cadeia construtiva, a fim de combater as mudanças climáticas.



Figura 1 - Princípios para avaliação de desempenho na construção.

Fonte: Degani, 2020. Adaptado pela autora, 2023.

Para que uma construção possa ser considerada como sustentável existe uma ferramenta que atribui a certificação *Leadership in Energy in and Environmental Design*, o LEED além da Certificação Internacional relacionada a questões ambientais da edificação, possui orientações para a construção visando a sustentabilidade, através de 4 tipologias para análise as quais envolvem desde a construções e reformas como a parte urbanística de bairros (Figura 2).



Figura 2 - Tipologias LEED

Fonte: GBC Brasil, 2023.

De acordo com Green Building Council Brasil (2023), este método pode contribuir para que sejam adotadas medidas de práticas sustentáveis para a construção, pois a análise se dá de forma completa desde as etapas iniciais até após a entrega da obra, visto que “leva em consideração questões de implantação, uso racional da água, eficiência energética, seleção dos materiais, qualidade ambiental interna, estratégias inovadoras e questões de prioridade regional” (Green Building Council Brasil, 2023).

Para que isso ocorra é necessário seguir algumas etapas para o credenciamento e a certificação LEED, são elas:



Figura 3 - Etapas de Certificação

Fonte: GBC Brasil, 2023.

Todas as ferramentas citadas na figura 3, colaboram para a redução dos impactos causados pela cadeia construtiva, com o objetivo de um trabalho conjunto de todos os autores, com a finalidade de encontrar outras possibilidades de construção ou minimizar os efeitos gerados pelas usadas atualmente, primando por um melhor desenvolvimento sustentável do setor.

Posto isto, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS, estabeleceram metas para que sejam criadas alternativas no âmbito social, institucional, ambiental e econômica (ODS, 2023), através de projetos, sendo esses dispostos em 17 indicadores como expõe a figura 4, com o propósito de serem implementadas tais ferramentas seja em uma construção, empresa ou até mesmo na comunidade.



Figura 4 - Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Fonte: ODS, 2023.

Container Marítimo na Construção Civil

O container foi originalmente idealizado para transporte de carga, o qual pode ser visto em grande escala no mundo inteiro, porém seu tempo de vida útil com esta função é de cerca de 10 anos, e conseqüentemente será descartado como sucata, entretanto seu potencial construtivo possibilita um leque de opções e surge como alternativa viável para construção civil, criando projetos sustentáveis e com custo mais acessível (Bueno, 2019).

A reutilização de container oferece inúmeras vantagens, Sousa e Campos (2021) descrevem esses benefícios em: Financeiro, Sustentável, Operacional e Habitacional. Na parte financeira ela tem uma redução de até 30 % ao se comparar com uma construção em alvenaria, no que se refere a sustentabilidade o próprio reaproveitamento do container se torna um incentivador para o seu uso, no Operacional, ele se torna uma opção rápida e eficiente, e no habitacional a possibilidade de criar um projeto com conforto tal qual uma construção convencional, suprimindo as demandas por moradia, utilizando de tecnologia para o melhoramento térmico e acústico, proporcionando um ambiente agradável e aconchegante aos usuários (Sousa; Santos, 2021). Segundo Ferreira e Cavalcante (2019) *apud* Guedes e Buoro (2015) acrescentam que o container dá a possibilidade de uma arquitetura flexível, permitindo, assim, a ampliação ou desmontagem do edifício de forma racional. Promovendo a preservação de recursos naturais, a reutilização de materiais que seriam descartados, a redução de etapas construtivas e dos resíduos gerados durante a obra, esse método construtivo é uma técnica alternativa de construção que atende as ações necessárias ao desenvolvimento sustentável.

Logo, a pouca utilização pode estar relacionada com a falta de conhecimento, principalmente com o desinteresse de empresas no ramo da construção, visto que o acesso aos mesmos no Brasil é relativamente plausível, como pode ser visto na Figura 5, no país existem cerca de 40 portos, e destes 18 são portos marítimos, sua concentração está na região Sul e Nordeste.

Dentre as várias opções de container, na arquitetura os mais utilizados são os modelos Standard Container 20', Standard Container 40' e o High Cube Container 40' (Tabela 1). No geral possuem características de uso modular e sua estrutura em formato autoportante (Mussnich, 2015, p. 06). Na visão de Santo e Bastos (2022, p.29) o container “[...] pode se converter em uma casa, escola, posto de saúde, refeitório ou qualquer outro espaço físico necessário, principalmente em casos de emergência, ou seja, a utilização da tala arquitetura modular é bem ampla”.



Figura 5 - Mapa de Portos no Brasil

Fonte: Brasil, 2020.

| Modelo | Medidas Externas | Imagem |
|-------------------------|--|--------|
| Standard 20' | Comprimento 6.058 mm Largura 2.438 mm Altura 2.591 mm | |
| Standard 40' | Comprimento 12.192 mm Largura 2.438 mm Altura 2.591 mm | |
| High Cube Container 40' | Comprimento 12.192 mm Largura 2.438 mm Altura 2.895 mm | |

Tabela 1 - Medida de Container Marítimo

Fonte: IDL Express, 2023. Adaptado pela autora, 2023.

As vantagens em optar por construir com container são inúmeras (Figura 6), mas existem desvantagens como por exemplo o transporte, este é um ponto limitante em muitos casos devido a distância entre o local de oferta e o de instalação, necessita também de guindaste para o manuseio, logo é preciso possuir uma área de transferência com tamanho adequado (Camilotti, 2023, p. 12).



Figura 6 - Vantagens do Container

Fonte: Incontainer, 2017. Adaptado pela autora, 2023.

Para que a edificação tenha maior longevidade, é indicado que se reaproveite das estruturas já existentes, o uso de madeira de reflorestamento, utilizar materiais com baixo consumo energético, reaproveitar ao máximo as águas pluviais, fazer uso de placas solares para economia de energia, atenção a posição da edificação quanto a ventilação e incidência solar (Torres *et al.*, 2020, p. 06). Na reutilização do container marítimo para construção é imprescindível que algumas medidas sejam tomadas para garantir o bom desempenho, como o isolamento térmico e acústico, e atentar para a devida limpeza de descontaminação do container (Sousa; Campos, 2022. p. 220).

Ao projetar qualquer tipo de edificação se faz necessário atentar para as questões bioclimáticas, uma vez que a arquitetura pode utilizar de ferramentas para que a edificação fique adequada ao local, contribuindo para a qualidade e conforto do ambiente construído, de acordo com o mapa de Zonas Bioclimáticas (Figura 7).

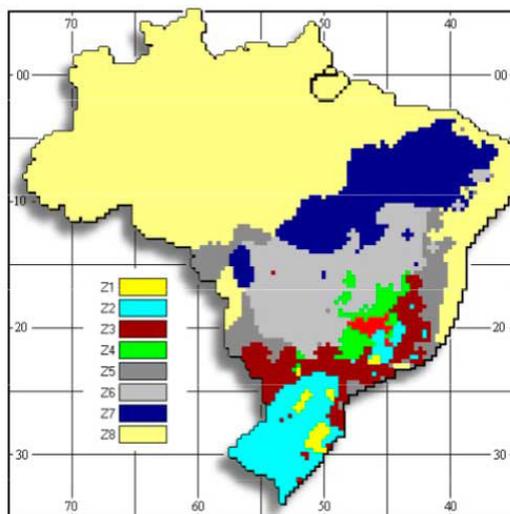


Figura 7 - Zonas Bioclimáticas no Brasil

Fonte: Bioclimatismo, 2023.

As etapas para sua construção podem variar a depender de seu porte, mas é importante seguir a sequência destacada na Figura 8.

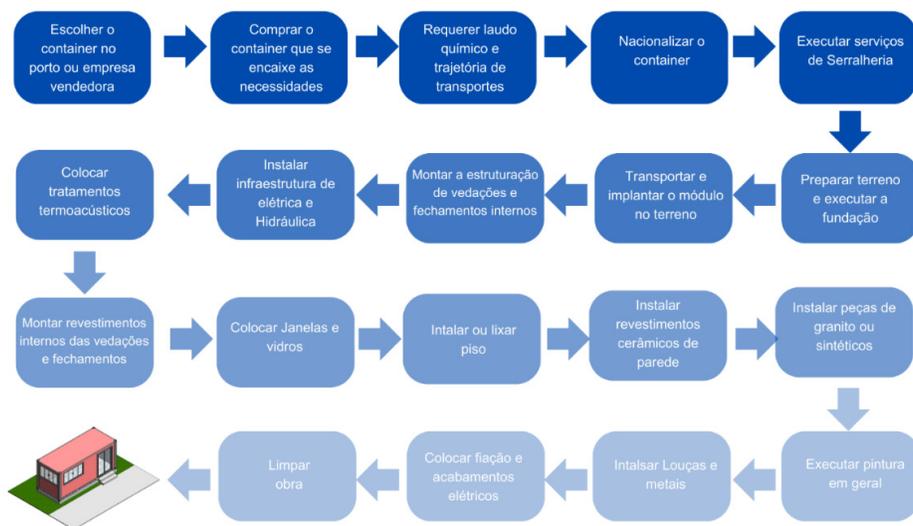


Figura 8 - Protocolo de execução

Fonte: Camilotti, 2023. Adaptado pela autora, 2023.

Portanto, utilizar um container marítimo para a construção civil, seja ela de uso residencial, comercial, espaços públicos entre outros, é uma estratégia social e ambiental, visto que contribuem na redução de novos materiais e na melhoria da sustentabilidade das edificações (Gonçalves; Ribeiro, 2022). Além disso, enfatizam que tanto para a sustentabilidade como também para a criatividade dos projetistas, que, com a evolução da construção aliada à ação sustentável, vem expandindo cada vez mais seus horizontes em relação aos métodos construtivos tradicionais e aos materiais utilizados atualmente, para obter, assim, resultados que satisfaçam esses âmbitos da construção do projeto (Alves; Ferreira; Cavalcante, 2019, p.22).

Atualmente não existem normas específicas para se construir com container, entretanto necessita seguir as orientações e normas para construção convencional, Drywall e Steel Frame, as quais são regulamentadas pelo Código Internacional de Construção (IBC), bem como as normas listadas na Tabela 2, e o Código de Obras da cidade onde será instalado.

No Brasil foi as construções utilizando container são fiscalizadas pelo INMETRO e pela ABNT. O container está enquadrado como um elemento inovador no segmento da construção civil, definido pelo Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SINAT) como material, componente, sistema ou subsistema que não seja objeto de alguma Norma Brasileira realizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (Justino et al., 2021, p. 04).

| Norma | Especificação |
|----------------|---|
| ABNT NBR 15575 | Desempenho de Edificações Habitacionais |
| ABNT NBR 9050 | Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos |
| NBR 6492 | Representação de projetos de Arquitetura |
| NBR 13532 | Elaboração de projetos de edificações, arquitetura |
| NBR 5261 | Símbolos gráficos de eletricidades, princípios gerais para o desenho de símbolos gráficos |
| NBR 14100 | Proteção contra incêndio, símbolos gráficos para projetos |

Tabela 2 - Normas e diretrizes para o projeto

Fonte: ABNT-NBR 15575, 2013. ABNT-NBR 9050, 2015. Adaptado pela autora, 2023.

Alguns laudos são necessários para certificarem a segurança do container como o estrutural em uma construção, como também da descontaminação de containers, de acordo com a ANVISA, para se reutilizar o container como residência ou comércio, é preciso seguir itens da NR 18, a qual aborda as condições de Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da construção, devendo se atentar também a Vigilância Sanitária para realizar os laudos de Inspeção Química necessários para sua liberação (Bueno, 2019, p. 26).

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção de delineamento metodológico será detalhado passo a passo, incluindo a descrição de suas etapas, a justificativa das decisões tomadas e as ferramentas utilizadas. A metodologia adotada nesta pesquisa baseia-se na fundamentação teórico- empírica, a qual trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, e nas palavras de Piovesan e Temporini (1995, p. 321) “[...] como o estudo preliminar realizado com a finalidade de melhor adequar o instrumento de medida à realidade que se pretende conhecer.

A metodologia é composta por três etapas: (I) análise dos métodos construtivos convencionais; (II) estudo da aplicabilidade do container na construção civil; (III) demonstrativo potencial do container para fins educacionais.

Inicia-se pela coleta de informações por meio de pesquisa bibliográfica e levantamento de dados referentes a utilização de containers marítimos para projetos voltados a construção civil. Posteriormente, foi realizado um levantamento quanto as características construtivas, bem como vantagens e desvantagens na utilização do container na construção civil.

Por fim, apresenta-se foi desenvolvido um estudo a partir de referências projetuais por meio de análise de correlatos visando aprofundar e auxiliar na compreensão sobre o tema e sua aplicabilidade apresentando projetos que utilizam o container como método construtivo em ambientes de ensino e pesquisa, com o objetivo de oferecer embasamento técnico e teórico.

DETALHAMENTO DO MÉTODO CONSTRUTIVO

Ao longo desta seção do capítulo, apresenta-se as principais etapas para a realização do projeto e construção utilizando container marítimo que são: a elaboração do projeto arquitetônico, os tipos de fundações para cada projeto, o reforço estrutural (em caso de alterações no container), sistemas elétrico e hidráulico, tipos de revestimentos, opções de cobertura e, por fim o acabamento e pintura.

Projeto

O projeto arquitetônico é a primeira fase e na qual será definido a tipologia de container que será utilizado, as limitações e características do terreno, como topografia entre outros, como ele será implementado no lote, levando em consideração a incidência solar, para tirar proveito da iluminação natural e prevenindo a exposição errada ao sol, estudo da ventilação com a finalidade de projetar as aberturas de forma que promova uma ventilação cruzada e a definição do Layout interno.

De acordo com Gonçalves e Ribeiro (2022, p.02) se torna viável a construção em container pois “[...] ele possibilita um tipo de arquitetura flexível, componível, e que permite a ampliação ou desmontagem da edificação de modo prático e racional”, logo se torna uma opção atraente também para lugares locados, onde pode retirar o container e levá-lo para outro local.

Fundação

A construção com container requer uma fundação de mesma forma que outros sistemas construtivos, mas antes disso deve se ter um estudo do terreno, através de terraplanagem, limpeza e regularização do solo, após a escolha pelo tipo de fundação dependerá do tamanho do container. Dentre as várias opções de fundações, as mais utilizadas para este sistema são: Vigas Baldrame, Lajes radier (Figura 9), sapatas isoladas (Figura 11) de concreto e corridas, na execução de mais containers no projeto é necessário utilizar a fundação Radier (Alves; Ferreira; Cavalcante, 2019).



(a)



(b)

Figura 9 – (a) Fundação Radier e (b) sapata isolada.

Fonte: Luiz, 2018 & Portal Metálica, 2021

De acordo com França Junior (2017), as fundações tipo radier é a opção com melhor custo, visto que consomem menos materiais e o mão de obra, entretanto vale ressaltar que as instalações hidráulicas elétricas embutidas no radier, somente será possível a manutenção retirando parcial ou totalmente o container, e a demolição do local onde será reparado, já as fundações com sapatas isoladas ou corridas, tem uma vantagem nas manutenções ou alterações de maior impacto.

Estruturas

Os containers possuem estruturas a partir da união de topo, laterais e base, conforme ilustra Figura 10, cada uma é responsável pela totalidade da sua resistência, com isso ao retirar ou alterar quaisquer desses itens, é imprescindível que se faça os cálculos necessários, pois geralmente é necessário reforços estruturais devido as alterações. Projetos em container podem ser construídos em diversos formatos, sejam empilhados, lado a lado, entre outros, mas para isso, a depender se sua junção se utiliza parafusos, peças de canto ou até mesmo uso de solda. Na fundação com o concreto ainda fresco é empregado uma chapa de aço soldada, esta será fixada com parafusos de ancoragem fixados (Alves; Ferreira; Cavalcante, 2019).

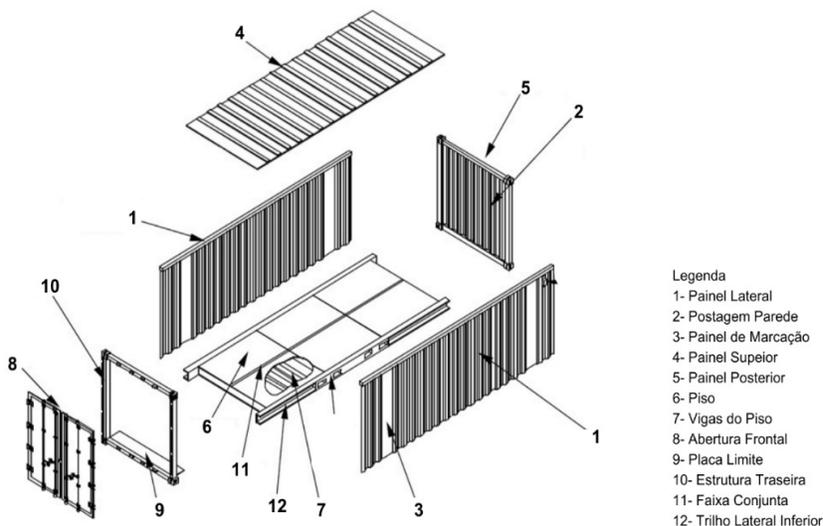


Figura 10: Componentes Estruturais do Container

Fonte: Residential Shipping Container Primer, 2019. Adaptado pela autora, 2023.

Sistemas: Hidráulico e Elétrico

As instalações elétricas e hidráulicas podem variar conforme o projeto, podendo ser aparentes ou não, seguindo as normas estabelecidas em sistemas de *Light Steel Framing* e *Drywall*, sendo necessário a compatibilização de outros projetos para otimizar tempo e custos (França Junior, 2017. p. 50).

A tabela a seguir representa indicações de tipos de instalações e materiais adequados para cada uma, sendo que todas seguem instalações semelhantes ao utilizados em *Light Steel Frame* e métodos convencionais construtivos.

Outro fator importante é utilização de painéis fotovoltaicos, indo ao encontro da sustentabilidade ao reutilizar containers marítimos, a energia solar se mostra uma importante aliada ao projeto, pois garante a produção da energia a ser consumida pela edificação (França Junior, 2017. p. 53).

| Tipo de Instalação | Água Fria | Água quente | Esgoto | Água Pluvial | GLP/Gás Natural | Instalações Elétricas |
|--------------------|---------------------------|----------------------|--------|--------------|-----------------------------|-----------------------|
| Material | PVC PEX PPR CPVC | PEX CPVC COBRE | PVC | PVC | COBRE AÇO GALV. LATÃO | PVC |

Tabela 3 - Relação tipo de Material e sua aplicabilidade

Fonte: França Junior, 2017. Adaptado pela autora, 2023.

Revestimentos

Por ser um material que conduz calor e possui um péssimo isolamento acústico, e para ser reutilizado como residência, comércio ou serviço é preciso solucionar este problema, através isolamento térmico e acústico, como: manta de lã de Pet, Lã de Rocha, Lã de vidro, fibra cerâmica, isopor, entre outros (Alves; Ferreira; Cavalcante, 2019).

De acordo com França Junior (2017), quando não forem necessários apoios nas estruturas, os perfis de fixação dos painéis podem ser perfis formados a frio com espessura menor, semelhante ao utilizado no sistema *drywall*, podendo ser também perfis de madeira tratada como por exemplo o *pinus*. A seguir a tabela 4 expõe os tipos de materiais e suas aplicações para o melhor desempenho termoacústico utilizados no container, tais materiais podem ser utilizados nas paredes, forro e piso.

| Material | Tratamento Térmico | Tratamento Acústico | Imagem |
|-----------------------|--------------------|---------------------|--|
| Lã de Vidro | Adequado | Adequado |  |
| Lã de Rocha | Adequado | Adequado |  |
| Lã de Pet | Adequado | Adequado |  |
| Espuma de Poliuretano | Adequado | Adequado |  |
| EPS | Adequado | Inadequado |  |

Tabela 4 - Aplicação de materiais: Termoacústicos

Fonte: França Junior, 2017. Adaptado pela autora, 2023.

Conforme a Tabela 4, os materiais apresentados são adequados ao uso térmico e acústico, somente o EPS não é recomendado para o tratamento acústico.

Referente ao fechamento interno e externo do container, França Junior (2017) observa que atualmente há poucos estudos a respeito do desempenho termoacústico em containers marítimos usados para a construção civil no Brasil, porém são seguidos métodos utilizados no *Light Still Frame*. Na tabela abaixo, apresenta recomendações da aplicabilidade dos materiais quanto ao fechamento externo e interno o container, para garantir um melhor benefício. Verifica-se na Tabela 7, existem algumas opções de fechamentos no mercado, podendo ser usado tanto interno quanto externo.

| Material da Placa | Uso Interno | Uso Externo | Imagem |
|-------------------|-------------|-------------|--|
| OSB | Adequado | Adequado |  |
| Gesso Acartonado | Adequado | Inadequado |  |
| Cimentícia | Adequado | Adequado |  |
| PVC | Adequado | Adequado |  |
| Aço/ Metal | Adequado | Adequado |  |
| Vegetação | Inadequado | Adequado |  |

Tabela 5 - Aplicação de materiais: Fechamento

Fonte: França Junior, 2017. Adaptado pela autora, 2023.

Cobertura

A cobertura é um item que se tem mais danificações, por ser plana sofre com as intemperes, logo faz se necessário mais manutenção, pode ser inserido um segundo telhado com a inclinação indicada por cada tipo de telha (Figura 11(a)), ou até mesmo a coberta pode ser usada como teto verde (Figura 11(b)) com o intuito de reduzir o impacto da radiação solar, bem como reaproveitar a captação da água da chuva, e proporcionar aos vizinhos uma vista mais agradável através da vegetação.



(a)



(b)

Figura 11 - Casa Container com segundo telhado e Escritório Container Teto Verde

Fonte: Weg, 2021 & Archdaily, 2016

Pintura

Para garantir o melhor desempenho da estrutura é necessário o lixamento da superfície, principalmente da parte externa a fim de evitar oxidação, ferrugem corrosão, entre outros. Alves; Ferreira e Cavalcante (2019), apontam alguns passos para o correto tratamento: Retirar a corrosão com lixadeira angular e/ou escova de aço rotativa ondulada, após lixar a superfície com uma lixadeira angular, em seguida utiliza-se uma lavadora de alta pressão com água quente e detergente neutro biodegradável, com objetivo de retirar óleo, graxa, poeira etc., (Figura 12 (a)).

Por fim, é realizado um tratamento com material ante corrosivo, na parte interna e externa, seguido da etapa da pintura, a qual recomenda-se utilizar tinta para metal, França Junior (2017), destaca que em caso de não aplicação de painéis termoacústicos, recomenda que seja realizada duas demãos de tintas tanto interno quanto no lado externo do container, (Figura 12 (b)).



(a)



(b)

Figura 12 - Tratamento Container (a) Lixamento Superfície e (b) Pintura Superfície.

Fonte: São José Pinturas, 2023.

PROJETOS DE REFERÊNCIA – BENCHMARK

Nesta seção apresenta-se projetos realizados, no cenário internacional e nacional, que utilizam o container marítimo como método construtivo em ambientes de ensino e pesquisa.

Com o intuito de oferecer embasamento técnico e teórico bem como aprofundar a compreensão sobre o tema de construção sustentável no ambiente acadêmico. Para isso, foram escolhidos alguns projetos correlatos com a utilização do espaço no meio acadêmico, onde buscou-se propostas e concepções inovadoras utilizando o container marítimo que são: (i) Sala de aula/ biblioteca na cidade do Cabo África do Sul um projeto elaborado pelo Tsai Design e Studio; (ii) Laboratório em container do Instituto Butantan desenvolvido pela Container Box. (iii) Laboratório de vacinas Itinerário do Instituto Butantan. (iv) laboratório móvel de Análises e Sínteses do Centro Tecnológico Satc (CTSatc) e a Casa Eficiente em parceria com a Cersul. (v) Laboratório container Marker Space em Encantado- RS.

Escola Primária Vissershok Durbanville

A escola está localizada na cidade do Cabo na África do Sul, uma região predominantemente rural, a escola tinha como demanda uma sala de aula e uma sala de leitura, e, como resultado, o projeto foi elaborado de modo a criar um ambiente que atendessem os dois usos, através de um layout flexível o qual permitisse receber cerca de 25 crianças, com o objetivo de ser uma construção de baixo custo, utilizou-se um container de 40 pés, resultando em uma solução sustentável (Figura 13).

Para atender às necessidades das crianças, o design foi desenvolvido de forma multifuncional, incorporando diversos elementos; por essa razão, a escolha de um grande telhado com inclinação é justificada, uma vez que proporciona sombreamento e circulação de ar ao ser deslocado do container, e garante também o escoamento da água da chuva. Além disso, o projeto se ateu ao formato retangular original do container utilizado, sem haver subtração ou adição de outras formas.



Figura 13 - Demonstrativo da escola primária Vissershok Durbanville

Fonte: Tsai Design Studio, 2023. Editado pela autora, 2023.

As fachadas da edificação foram projetadas para amenizar o calor interno através da ventilação cruzada, com aberturas distribuídas em diferentes alturas em três fachadas, as quais também contribuem na iluminação natural indireta.

Através da utilização do container foi possível uma execução rápida e com menor custo. O arquiteto levou em consideração fatores como o clima e o entorno, criando espaços externos para práticas de atividades de brincadeiras com a área de jogos e, devido à topografia, foi possível criar uma espécie de anfiteatro, promovendo um espaço socializador.

Laboratório de Diagnostico PCR do Instituto Butantan

O segundo projeto analisado foi elaborado para fins de pesquisas do Instituto Butantan, o Laboratório de Diagnostico PCR, com nível de Biossegurança 2- NB-2, localizado na cidade de São Paulo (Figura 14). De acordo com a empresa idealizadora, Container Box, com a utilização de container marítimo foi possível reduzir em 90% as emissões de gases de efeito estufa, ao ser comparado com uma construção em alvenaria, os índices de emissão de carbono totalizaram 222,09 t/CO₂e no laboratório desenvolvido em container, sendo que em alvenaria este índice seria acima de 2,200 t/CO₂e (Medicina S/A, 2022).

Além de ser uma alternativa inovadora no setor de pesquisas, uma vez que o container é uma construção versátil e de baixo impacto ambiental, podendo receber inúmeras configurações, as quais garantem não somente a agilidade e rapidez de entrega, mas também oferece segurança e praticidade.



Figura 14 - Demonstrativo do Laboratório de Diagnostico PCR

Fonte: Medicina S/A, 2022.

O laboratório conta com uma área total de 249 metros quadrados, distribuídos em dois pavimentos, e conta com salas de biossegurança, antecâmara, sala de extração, sala de cadastro, deposito, vestiário masculino e feminino, banheiros e sala administrativa e um espaço de 75 metros quadrados equipado com máquinas climatizadas com tecnologia HVAC.

Laboratório de Vacinas do Instituto Butantan

Para o laboratório de vacinas do Instituto Butantan, o container foi utilizado como método construtivo o qual se tornou uma opção atraente neste segmento, com características que reforçam sua aplicabilidade: Arquitetônico, Social e Sustentável.

As necessidades do espaço eram de um local seguro e eficiente, sendo assim o projeto foi personalizado de acordo com as funções específicas do laboratório, com os equipamentos necessários para a execução realização de experimentos voltados para tal fim, como observa-se na Figura 15 b.



(a)

(b)

Figura 15: Laboratório Itinerante de Vacinas

Fonte: Martins, 2023.

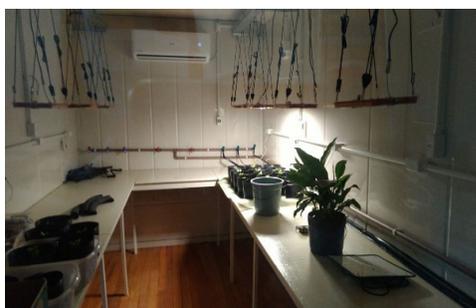
Inicialmente o projeto era de um laboratório itinerante utilizado para testes de Covid nas cidades do interior de São Paulo (Figura 15 (a)), porém atualmente ganhou uma nova função no Instituto, tornando-se um laboratório para testes de eficiência das vacinas desenvolvidas pelos Instituto Butantan. O que corrobora com a funcionalidade do uso de container, podendo ser adaptado de acordo com as necessidades, bem como a sua flexibilidade de locação.

Laboratório Móvel de Análises e Sínteses

O laboratório móvel de Análises e Sínteses do Centro Tecnológico Satc (Figura 16.a), localizado na cidade de Criciúma-SC, tem como foco pesquisas na área do agronegócio, a escolha pelo container se deu pela praticidade em se adaptar atendendo as demandas do projeto, bem como a sua flexibilidade de instalação, podendo ser transportado. Na parte interna, o container foi adaptado para estudos e pesquisas através do monitoramento e o controle de variáveis (Figura 16 b).



(a)



(b)

Figura 16 - Laboratório Móvel de Análises e Sínteses

Fonte: Vitali, 2022.

Outro projeto desenvolvido pela Satc em parceria com a Cersul, intitulado “Educação para Eficiência” (Figura 17), trata-se de uma casa eficiente construída em um container, projeto pioneiro na região cujo objetivo é estimular o consumo racional de energia elétrica, apresentado aos alunos e a comunidade, exemplos de como economizar energia e reduzir gastos de energia elétrica no cotidiano e de fácil acesso.



Figura 17 - Laboratório Móvel - Casa Eficiente

Fonte: Somariva, 2018.

Maker Space

As escolas de ensino fundamental estão em busca de recursos que despertem o interesse dos alunos pela tecnologia, diante disso a prefeitura do município de Encanto no RS, elaborou um projeto denominado Espaço do Fazer, com o objetivo de atender alunos do ensino fundamental. Para a concepção do projeto, o container foi a opção escolhida o qual recebeu tratamento acústico, para melhor desempenho das atividades internas (Figura 18). Com a reutilização do container, despertando o interesse pela importância da redução dos impactos causados pelo setor construtivo contribuindo assim com o meio ambiente.

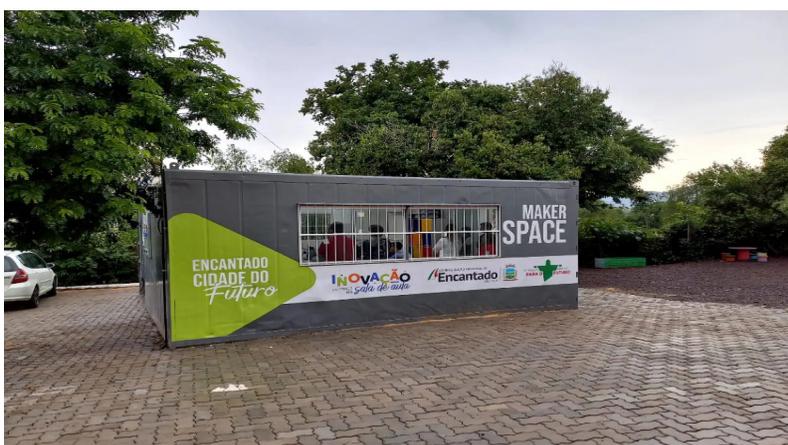


Figura 18 - Demonstrativo do Marker Space

Fonte: Dallaqua, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante desse cenário, o setor da construção civil apresenta-se como um campo para a implementação de mecanismos e opções que não apenas mitigam os efeitos adversos da cadeia construtiva, mas também propiciam uma análise aprofundada dos impactos gerados pelo setor. Ao analisar os objetivos deste capítulo e correlacionando-os com os temas de educação e sustentabilidade, pode-se apontar pelo menos sete dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são: 1. Educação de Qualidade; 5. Igualdade de Gênero; 7. Energias Renováveis; 10. Redução das Desigualdades; 11. Cidades e Comunidades Sustentáveis; 12. Produção e Consumo Sustentável; e 13. Combate às Alterações Climáticas (Figura 4). Portanto, a interseção entre inovações construtivas, como a reutilização de containers, e destaca-se como uma oportunidade estratégica para alcançar resultados dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Assim, considera-se que a inclusão de práticas sustentáveis na arquitetura, por meio da reutilização de containers, não apenas atende às demandas por espaços educacionais, mas também se converte em um instrumento eficaz para promover mudanças positivas nos indicadores de sustentabilidade. Essa abordagem integrativa reforça a importância de ações convergentes entre educação, sustentabilidade e construção civil, visando não apenas à satisfação das necessidades presentes, mas também à promoção de um método alternativo de baixo impacto ambiental e custo.

Por fim, ressalta-se a necessidade contínua de pesquisas e práticas inovadoras no campo da construção sustentável, consolidando parcerias no tríplice hélice. A promoção de ambientes educacionais construídos de maneira sustentável não apenas contribuirá para a melhoria da qualidade de ensino, mas também desempenha um papel fundamental na construção de sociedades mais resilientes e conscientes na busca pela promoção da sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi parcialmente apoiada pela FACEPE (Fundação de Amparo à Pesquisa de Pernambuco) ao longo do projeto com referências APQ-0616-9.25/21 e APQ-0642-9.25/22. Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de N°407531/2018-1, 303293/2020-9, 405385/2022-6, 405350/2022-8 e 40666/2022-3. O.H.A.J. agradece ao apoio do Programa em Engenharia de Sistemas Energéticos (PPGESE) Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ALVES, José Victor Pontes; FERREIRA, Rosimery da Silva; CAVALCANTE, Roberta Paiva. **Containers**—uma nova alternativa para a construção civil. Estudo direcionado para projetos residenciais. Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, n. 46, p. 19-32, 2019.

ARAÚJO, Camila Lopes Zequini Rodrigues. **Diretrizes para projetos de arquitetura modular sob a perspectiva da Economia Circular**. 2022.

ARCHDAILY. **Container Rodrigo Kirck** Arquitetura. 2016. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/801954/container-rodrigo-kirck-arquitetura>. Acesso em: 07 de set. de 2023.

BIOCLIMATISMO. **Zoneamento Bioclimático Brasileiro**. Blog da Arquitetura Bioclimática. 2023. Disponível em: <https://bioclimatismo.com.br/bioclimatismo/zoneamento-bioclimatico-brasileiro/>. Acesso em: 10 de set. de 2023.

BRASIL. **Portos e Aeroportos**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br>. Acesso em: 03 de out. de 2023.

BUENO, C. A. P. **Análise das condições de desempenho e acessibilidade no reuso de contêineres para fins de comércio e serviços**. 2019. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

CAMILOTTI, Ângliston Tainã. **Avaliação do desempenho térmico de construções em contêineres**. 2023. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DALAQUA, Bruno. **Segundo laboratório container Maker Space é inaugurado em Encantado**. 2022. Disponível em: <https://jornalforcadovale.com.br/destaques/segundo-laboratorio-container-maker-space-e-inaugurado-em-encantado/>. Acesso em: 03 de fev. de 2024.

DEGANI, Clarice *et al.* **Proposta de método prático para avaliar o desempenho ambiental no ciclo de vida da construção. Concreto e Construções**. 2020. Disponível em: https://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_construcoes/pdfs/edicao100/RevistaConcretoIBRACON100_PesquisaDesenvolvimento1.pdf. Acesso em: 13 de nov. de 2023.

FRANÇA JUNIOR, Adelmo Magalhães de. **Análise estrutural de contêineres marítimos utilizados em edificações**. 2017.

GBC BRASIL. **Conheça a Certificação LEED**. 2023. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>. Acesso em: 15 de nov. de 2023.

GONÇALVES, Daniel Bertoli; RIBEIRO, Edson. **O reuso de containers marítimos na construção civil sob a perspectiva da economia circular**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, p. 107-119, 2022.

IDL EXPRESS. **Medidas de Container Marítimo**. 2023. Disponível em: <https://www.idlexpress.com.br/ferramentas.asp?id=cmar>. Acesso em: 09 de set. de 2023.

INCONTAINER. **12 Vantagens do Container**. 2017. Disponível em: <https://www.incontainer.org/>. Acesso em: 09 de set. de 2023.

JUSTINO, Bárbara Maria de Paula et al. Contêiner: do descarte portuário à aplicação arquitetônica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 14632-14652, 2021.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar**: o projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de Textos, 247p, 2011.

LUIZ, André. **Container para escritório o Estaleiro Jurong Aracruz**. 2018. Disponível em: <https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/container-escritorio-para-o-estaleiro-jurong-aracruz>. Acesso em: 18 de set. de 2023.

MARTINS, Samuel. **Laboratório em container**: Conheça o projeto feito para o instituto Butantan. 2023. Disponível em: <https://www.locarescasacontainer.com.br/laboratorio-em-container-conheca-o-projeto-feito-para-o-instituto-butantan/>. Acesso em: 03 de fev. de 2024.

MEDICINA S/A. **Instituto Butantan inaugura 1º laboratório Carbono Zero da AL**. 2022. Disponível em: <https://medicinasa.com.br/butantan-carbono-zero/>. Acesso em: 03 de fev. de 2024.

MUSSNICH, Luiza Barreto. **Retrofit em containers marítimos para reuso na arquitetura e sua viabilidade**. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, v. 1, n. 10, p. 1-22, 2015. Disponível em: <https://silo.tips/download/retrofit-em-containers-maritimos-para-reuso-na-arquitetura-e-sua>. Acesso em: 09 de set. de 2023.

ODS. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2023. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 08 de out. de 2023.

PIOVESAN, Armando; TEMPORINI, Edméa Rita. **Pesquisa exploratória**: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. Revista de saúde pública, v. 29, p. 318-325, 1995.

PORTAL METÁLICA. **Containers de navio são matéria-prima para a construção de casas**. 2021. Disponível em: <https://metalica.com.br/containers-de-navio-se-tornam-materia-prima-para-a-construcao-de-casas-4/>. Acesso em: 18 de set. de 2023.

RESIDENTIAL SHIPPING CONTAINER PRIMER. **Componentes estruturais e terminologia do recipiente de envio**. 2019. Disponível em: <https://www.residentialshippingcontainerprimer.com/CONTAINER%20COMPONENTS%20AND%20TERMINOLOGY.html>. Acesso em: 22 de set. de 2023.

SANTO, Samir Paiva do Espírito; BASTOS, Jose Roberto de Magalhaes. **Clínica container**: transformando containers marítimos em ambientes clínicos. 2022.

SANTOS, Carolina Neiva *et al.* **Construção modular**: utilização de containers como ambiente construído. 2017.

SÃO JOSÉ PINTURAS. **Pintura de Container**. 2023. Disponível em: <https://sanjosepinturas.com.br/pintura-de-containers/>. Acesso em: 01 de out. de 2023.

SOMARIVA, Aline. **Presidentes de cooperativas de energia do estado conhecem projeto de eficiência energética Cersul**. 2018. Disponível em: <https://www.cersul.com.br/noticia/144/presidentes-de-cooperativas-de-energia-do-estado-conhecem-projeto-de-eficiencia-energetica-cersul>. Acesso em: 03 de fev. de 2024.

SOUSA, Marcelo Luriê; CAMPOS, Gevair. **O Uso de Containers na construção civil como alternativa aos sistemas convencionais**. Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, v. 7, n. 3, p. 214-232, 2022.

SOUZA, Andressa Carrucci de *et al.* **Viabilidade de projetos em containers para habitações de interesse Social**. 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/c93ad3bb-0a9d-4a97-b688-7fb0514f0548/download>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

TAVARES, Sérgio Fernando *et al.* **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006.

TORRES, Geovane Petrungraro et al. **Métodos construtivos sustentáveis: reutilização de containers na construção civil**. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, v. 3, n. 3, p. 1-15, 2020.

TSAI DESIGN STUDIO. **Sala de aula do recipiente Vissershok**. 2023. Disponível em: <https://www.tsaidesignstudio.com/architecture/vissershok-classroom>. Acesso em: 07 de set. de 2023.

VASQUES, CCPCF; PIZZO, L. M. B. F. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares**. São Paulo: Unilins, 2014.

VITALI, Marli. **Pesquisa promove testes de fertilizante híbrido em ambiente automatizado**. 2022. Disponível em: <https://unisatc.com.br/pesquisa-promove-testes-de-fertilizante-hibrido-em-ambiente-automatizado/>. Acesso em: 03 de fev. de 2024.

WEG. **Casa container: confira 4 projetos e dicas de construção**. 2021. Disponível em: <https://www.weg.net/tomadas/blog/arquitetura/casa-container-confira-4-projetos-e-dicas-de-construcao/>. Acesso em: 25 de set. de 2023.