XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Desenvolvimento de painéis modulares com embalagens cartonadas: concepção e construção de protótipo

Desarrollo de paneles modulares con embalaje de cartón: diseño y construcción de prototipos

Development of modular panels with carton packaging: prototype design and construction

Sustentabilidade / Sostenibilidad / Sustainability

Fernandes, Regina Célia
Mestranda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, redesenhando2@gmail.com

Kruger, Eduardo L.
Doutor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, ekruger@utfpr.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar as etapas de construção de protótipo com painéis modulares pré-fabricados utilizando embalagens cartonadas, projetados com o intuito de ser uma solução para habitações emergenciais em situações de desastres naturais usando método construtivo rápido e financeiramente viável. Propõe-se uma solução construtiva que utiliza as embalagens unidas umas às outras em uma seladora e depois presas nos dois lados de um sarrafo de madeira com grampos metálicos de pressão para formar o painel. Serão realizados testes de desempenho térmico e acústico, e de durabilidade dos painéis, a partir da construção de um protótipo exposto a intempéries. Espera-se que através deste estudo possa ser desenvolvida uma técnica construtiva rápida e barata e que seja uma alternativa mais econômica e sustentável para a construção de moradias provisórias para população carente e abrigos emergenciais.
Palavras-chave: *Embalagens Cartonadas. Sustentabilidade. Construção Sustentável. Painel Sustentável. Construções Modulares.*

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar las etapas de construcción de un prototipo con paneles modulares prefabricados utilizando embalajes de cartón, diseñado con la intención de ser una solución para viviendas de emergencia en situaciones de desastres naturales utilizando un método constructivo rápido y económicamente viable. Se propone una solución constructiva que utiliza los paquetes unidos entre sí en una selladora y luego fijados a ambas caras de un listón de madera con abrazaderas metálicas de presión para formar el panel. Se realizarán pruebas de rendimiento térmico y acústico, así como pruebas de durabilidad de los paneles, basados en la construcción de un prototipo expuesto a la intemperie. Se espera que a través de este estudio se pueda desarrollar una técnica constructiva rápida y barata y que sea una alternativa más económica y sostenible para la construcción de viviendas temporales para la población necesitada y refugios de emergencia.
***Palabras clave**: Embalaje de Cartón. Sostenibilidad. Construcción Sustentable. Panel Sustentable. Construcciones Modulares.*

Abstract

The objective of this work is to present the stages of construction of a prototype with prefabricated modular panels using cardboard packaging, designed with the intention of being a solution for emergency housing in situations of natural disasters using a fast and financially viable construction method. A construction solution is proposed that uses the packaging joined together in a sealing machine and then attached to both sides of a wooden lath with metal pressure clamps to form the panel. Thermal and acoustic performance tests, as well as panel durability, will be carried out based on the construction of a prototype exposed to the elements. It is expected that through this study a fast and cheap construction technique can be developed that will be a more economical and sustainable alternative for the construction of temporary housing for needy populations and emergency shelters.
***Keywords:** Carton Packaging. Sustainability. Sustainable Construction. Sustainable Pane. Modular Constructions.*

1. Introdução

Nos últimos anos nota-se um incremento de estudos focados na utilização das embalagens cartonadas como isolantes térmicos em edificações, sobretudo em trabalhos de conclusão de curso (Sebben et al., 2022; Dantas, 2022; Marques, 2024). O uso de embalagens cartonadas coladas, grampeadas ou costuradas, sob a forma de manta, promove o emprego de barreiras radiantes, as quais, uma vez instaladas em elementos construtivos, reduzem ganhos térmicos no verão e perdas no inverno, por reduzir a emissão de radiação de onda longa (DOE-ORNL, 2025). Segundo Fairey (1994), barreiras radiantes são formadas por materiais de baixa emissividade, dificultando a transferência de radiação infravermelha de onda longa através de uma camada de ar, pela reflexão da radiação incidente e, ao mesmo tempo, pela baixa emissão de energia.

O aproveitamento de embalagens cartonadas "longa-vida" contribui para o desenvolvimento sustentável, o qual visa atender as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias. Com o reaproveitamento/reciclagem pode-se contribuir para que este material não seja depositado em aterros sanitários. Segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2013), no Brasil, em 2012, somente 29% dos 12 bilhões das embalagens cartonadas foram recicladas. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada pela lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), estabelece o envolvimento da União, Estados e Municípios, o setor produtivo e a sociedade civil com o objetivo de reduzir ao máximo a produção de resíduos sólidos e promover soluções sustentáveis como, por exemplo, a prática de hábitos de consumo sustentável, reutilizar e reciclar o máximo os resíduos sólidos e dispor apenas os rejeitos em aterros sanitários ambientalmente adequados.

No contexto atual do aquecimento global, tem-se verificado o aumento considerável de catástrofes naturais causadas por eventos extremos, tais como chuvas e tempestades sem precedentes em Porto Alegre e arredores, que acarretaram inundações e deslizamentos de terra significativos, e na região serrana do sudeste do país, mais acentuadamente em Petrópolis, onde inundações e deslizamentos de terra desalojaram centenas de moradores, tirando muitas vidas humanas desde 2022. Em tais situações, há a necessidade de provimento de abrigos emergenciais temporários, com condições mínimas de habitabilidade.

Nesta pesquisa em andamento, pretende-se aprofundar o uso de embalagens cartonadas para aumento das condições de isolamento térmico por meio de barreira radiante, em um protótipo de edificação emergencial. Tira-se proveito das vantagens térmicas dessas embalagens, não as utilizando como material de revestimento, mas sim como painéis leves que funcionem como elemento de vedação. Desta forma, o objetivo principal é avaliar se o painel proposto pode configurar uma solução rápida, termicamente interessante e financeiramente viável para ser utilizado como elemento de vedação em abrigos emergenciais temporários.

2. Metodologia e resultados

A metodologia pode ser resumida em seis etapas principais já realizadas: 1) concepção do projeto; 2) projeto do painel; 3) projeto do protótipo modular; 4) coleta das embalagens; 5) confecção das mantas e painéis; 6) construção do protótipo. Etapas futuras preveem o monitoramento térmico do protótipo, ensaios de estanqueidade, integridade física e durabilidade.

2.1 Concepção

A inspiração inicial do projeto foi a iniciativa “Brasil Sem Frestas” (2025). Trata-se de uma solução para eliminar frestas de habitações precárias, geralmente construídas com tábuas e sem mata-juntas, resultando em frestas por onde entram animais peçonhentos, vento, poeira, com decorrente baixo desempenho térmico da habitação. A aplicação de uma manta sobre as paredes e cobertura reduz frestas e auxilia no aumento do desempenho térmico. A partir desse projeto, concebeu-se a ideia de se montar painéis que possam ser encaixados uns aos outros, sobre uma estrutura leve, de forma a se construir abrigos diretamente com as embalagens. Imaginando-se condições precárias e falta de recursos financeiros, o painel feito com embalagens cartonadas pregado a sarrafos de madeira apresentaria baixíssimo custo, possibilitando a execução rápida e barata de abrigos emergenciais temporários, por exemplo, no caso de contingências climáticas.

2.2 Projeto do Painel Sustentável

Desafios iniciais foram quanto à união das embalagens entre si na confecção da manta/painel. Sabendo-se de antemão que as embalagens poderiam ser unidas através de calor por conter camadas de plástico, primeiramente foi feito um teste utilizando o calor do ferro de passar

roupas. Juntando-se as pontas de duas embalagens, colocou-se um papel sulfite sobre elas e procedeu-se a pressão com o ferro de passar, o que resultou na união das duas embalagens pelo derretimento do plástico existente nestas. Porém, como desta forma não se conseguia ter precisão das condições de temperatura e pressão obtidas, foi feito um teste em uma prensa com base de 20x20cm. Na prensa, foi possível controlar pressão e temperatura para a união das embalagens, porém como a prensa era muito pequena, chegou-se à conclusão que não seria viável a produção de uma grande quantidade de embalagens unidas umas as outras. Por fim, optou-se pelo uso de uma seladora, a qual ofereceu um resultado mais favorável para a produção dos painéis. A seladora aplicava a pressão e temperatura no local exato de união das duas embalagens, não comprometendo o restante do material, além de possibilitar a otimização do processo, produzindo as mantas unidas umas às outras com maior rapidez e precisão (Figura 1).

E, seguida, foi feito um pequeno teste com as embalagens unidas grampeadas num sarrafo de pinus, de um lado e de outro do sarrafo, garantindo-se uma câmara de ar não ventilada entre as mantas (Figura 1).

Figura 1: Testes para confecção do painel



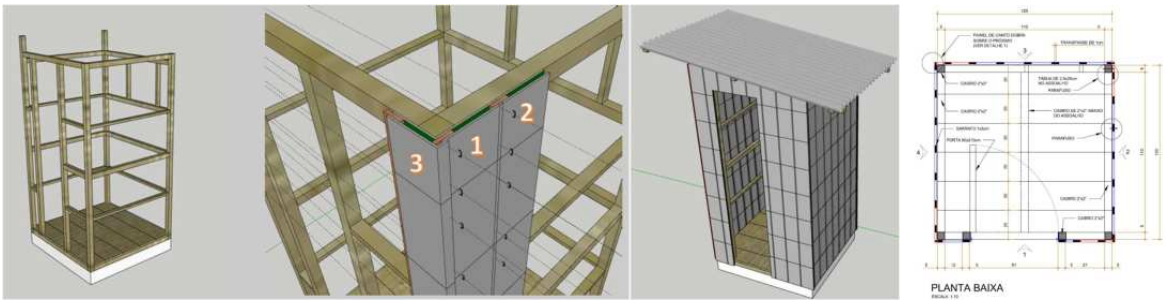
Fonte: Autores

2.3 Projeto do Protótipo Teste

O projeto foi concebido em maquete 3D no Sketchup (Figura 2), e no Autocad foram feitas planta e as vistas das paredes, sendo definido os tipos de caibros que iriam ser utilizados e de que forma seria a estrutura do protótipo. Foi projetada a estrutura principal composta de caibros de 5×5cm

e outras travessas com ripa de 2,5×5cm, construída sobre uma base de concreto, com assoalho de tábuas em pinus. A estrutura do telhado também seria com caibros de 5×5cm e travessas de ripas de 2,5x5cm para apoio de telhas. Também se projetou no protótipo uma janela de 60x60cm e uma porta de 60cm de largura, aproveitando-se a modulação dos painéis.

Figura 2: Projeto do protótipo



Fonte: Autores

2.4 Coleta das Embalagens

A coleta das embalagens foi realizada visando-se atingir o total de área superficial dos painéis definidas na maquete virtual (700 embalagens), considerando avarias nas caixas e no corte e montagem das tiras para montagem dos painéis. A coleta foi realizada entre alunos de uma escola pública, de moradores de um condomínio e amigos e familiares. As embalagens foram selecionadas, abertas, recortadas e lavadas com uma mistura de detergente e desinfetante e deixadas para secar naturalmente (Figura 3).

Figura 3: Coleta e preparação das embalagens



Fonte: Autores

2.5 Confecção das mantas e painéis

Visando produção em série dos painéis, utilizou-se uma seladora de plásticos para a colagem das caixas, já que a parte quente da seladora seria focada somente na emenda das caixas. Antes da confecção das tiras com as embalagens cartonadas, cada embalagem foi refilada com uma guilhotina para a padronização da largura das caixas. Cada tira foi então confeccionada com nove caixas em sequência, as quais foram acondicionadas em rolos. Com todas as tiras prontas, estas foram então grampeadas nos sarrafos de madeira, sendo uma tira grampeada de um lado do sarrafo e a outra tira de outro lado. O sarrafo com 1cm de espessura e 5cm de largura com 2,40m de comprimento, sendo assim produzido o painel (Figura 4).

Figura 4: Preparação das tiras para fabricação do protótipo de painel



Fonte: Autores

2.6 Construção do Protótipo

Com os painéis já prontos, foi adquirido o restante dos materiais que seriam utilizados na construção do protótipo. O protótipo foi construído no dia 05 de abril de 2025, no Campus Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. A construção iniciou-se pelas estruturas das paredes, depois foi feita a estrutura do piso e as paredes foram unidas entre si e com o piso. Então foi feita a estrutura do telhado e fixado as tábuas do piso. Com a estrutura pronta, iniciou-se a fixação dos painéis nas paredes, sendo o primeiro painel colocado num dos cantos deixando-se o sarrafo com 1cm para fora da estrutura, para receber no final, o acabamento do último painel. Cada painel foi se encaixando ao anterior e cada um foi parafusado na estrutura das paredes e fixado com grampos de pressão, um ao outro. Nos cantos, deixava-se uma sobra da embalagem cartonada para ser dobrada sobre o painel da outra parede, sendo

grampeada a embalagem sobre o próximo painel. Depois dos painéis fixados foi colocada a porta e o telhado. A telha escolhida foi da marca Onduline por ser mais leve, fácil de instalar e exigir menos madeiramento. Finalmente foi aberto o vão para a instalação da janela e também foi executado o forro interno que também foi feito com os painéis, porém o painel do forro foi feito com a embalagem cartonada grampeada somente de um lado do sarrafo, ficando a parte com o alumínio voltado para dentro do ambiente (Figura 5).

Figura 5: Construção do protótipo



Fonte: Autores

3. Considerações finais

Com o painel construído verificou-se que a estrutura apresentou boa resistência e travamento. O interior do ambiente resultou ser agradável esteticamente e oferecendo sensação térmica adequada. A vedação também foi eficaz já que nas paredes, forro e piso não ficaram frestas por onde pudesse entrar chuva, vento, poeira ou pequenos animais. A intenção é deixar o protótipo exposto às intempéries por pelo menos 8 meses. Neste período, serão realizados monitoramentos e testes no protótipo. A observação será visual para acompanhar o quanto o painel modular se deteriora com a exposição às intempéries, verificando se as embalagens se descolam umas das outras, se os grampos se soltam do sarrafo, se a madeira enverga ou apodrece, se o protótipo se mostra estanque a água da chuva, dentre outras manifestações. Serão instalados equipamentos no interior do protótipo para o monitoramento da temperatura interna. Até o momento da escrita deste artigo, um mês se passou da construção do protótipo e foi observado que, mesmo tendo sido um mês muito chuvoso, o protótipo permaneceu intacto, sem alterações evidentes na sua estrutura e aparência.

Referências

BRASIL SEM FRESTAS. Tutorial para revestimento interno com embalagens Tetra Pak. Disponível em: http://caixadeleite- brasilsemfrestas.blogspot.com/2017/07/tutorial-para-revestimento-de-casas-de.html. Acesso em: 02 jan. 2025.

FAIREY, Philip. Radiant Energy Transfer and Radiant Barrier Systems in Buildings, Florida Solar Energy Center, Publication DN – 6, 1994.

DEPARTMENT OF ENERGY - Oak Ridge National Laboratory. Radiant Barrier. Disponível em: https://web.ornl.gov/sci/buildings/tools/radiant/. Acesso em: 02 jan. 2025.

DANTAS, Maria Jaine Batalha. Avaliação do uso das embalagens de caixa Tetra Park para aumento do conforto térmico de paredes de alvenaria no sertão alagoano. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, AL.

SEBBEN, Thaíse et al. Desempenho térmico de habitação emergencial por simulação evolutiva. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 13, p. e022015-e022015, 2022.

MARQUES, Angélica Thaís Gomes. Eficiência da manta térmica produzida com embalagem longa vida em residências populares: estudo da arte. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso. (IFP – Campus Campina Grande, PB).