

# CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE TUBETES DE PAPELÃO PARA CONSTRUÇÃO DE ABRIGOS EMERGÊNCIAIS\*

Juvenil Nunes Oliveira Júnior<sup>1</sup>  
Victor Barbosa de Souza<sup>2</sup>  
Vinicius Barbosa<sup>3</sup>  
Niander Aguiar Cerqueira<sup>4</sup>  
Afonso Rangel Garcez de Azevedo<sup>5</sup>  
Jonas Alexandre<sup>6</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>7</sup>

## Resumo

O tubo de papelão é um material bastante versátil e pode ser utilizado de diversas maneiras, possibilitando sistemas construtivos variados que, muitas vezes, geram obras arquitetônicas arrojadas [1]. Um abrigo emergencial deve possuir as seguintes características: rápido fornecimento, baixo custo, flexibilidade de adaptação ao terreno, fácil montagem/desmontagem que permita a participação do utilizador do abrigo. Outro ponto é possuir princípios sustentáveis e funcionais, aliando eficiência e diretrizes lógicas para o design do produto. Este trabalho tem como objetivo a caracterização mecânica de tubetes de papelão para a utilização em abrigos emergenciais.

**Palavras-chave:** Propriedades mecânicas; Papelão; Tubetes; Abrigos.

## CHARACTERIZATION OF MECHANICAL PROPERTIES FOR CARDBOARD CARTRIDGES SHELTERS EMERGENCY CONSTRUCTION

### Abstract

The cardboard tube is a versatile material and can be used in various ways, allowing different constructive systems often generate bold architectural works [1]. An emergency shelter must have the following characteristics: rapid delivery, low cost, field adjustment flexibility, easy assembly / disassembly to allow the participation of the user under. Another point is to have sustainable and functional principles, combining efficiency and logical guidelines for product design.

This work aims at the mechanical characterization of cardboard tubes for use in emergency shelters.

**Keywords:** Mechanical properties; Cardboard; Tubes; Shelters.

<sup>1</sup> Engenheiro Mecânico (Redentor), Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais (UENF); Professor do Instituto Federal Fluminense - IFF, Itaperuna/RJ - Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico (Redentor), Doutorando em Engenharia Mecânica, Universidade Federal Fluminense – UFF – Niterói/RJ – Brasil.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Redentor/RJ – Itaperuna/RJ – Brasil.

<sup>4</sup> Engenheiro Civil (UENF), Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Estadual Noroeste Fluminense Darcy Ribeiro – UENF – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil.

<sup>5</sup> Engenheiro Civil (UENF), Mestre em Engenharia Civil, Universidade Estadual Noroeste Fluminense Darcy Ribeiro – UENF – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil.

<sup>6</sup> Engenheiro Civil (UENF), Doutor em Ciências de Engenharia, Universidade Estadual Noroeste Fluminense Darcy Ribeiro – UENF – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil.

<sup>7</sup> Engenheiro de Materiais (UFRJ), Doutor do Instituto Militar de Engenharia –IME – Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

O tubo de papelão é um material bastante versátil e pode ser utilizado de diversas maneiras, possibilitando sistemas construtivos variados que, muitas vezes, geram obras arquitetônicas arrojadas [1].

A atratividade em se utilizar tubos de papelão na construção civil se dá por estes serem baratos, facilmente relocados e substituídos, quando danificados, de baixa tecnologia, manterem sua cor natural e não gerarem desperdício. Além disso, podem ser reciclados ou reutilizados, caso estejam em perfeitas condições de uso [2].

Um abrigo emergencial deve possuir as seguintes características: rápido fornecimento, baixo custo, flexibilidade de adaptação ao terreno, fácil montagem/desmontagem que permita a participação do utilizador do abrigo. Outro ponto é possuir princípios sustentáveis e funcionais, aliando eficiência e diretrizes lógicas para o design do produto.

Segundo Firmo (2003), como os tubos apresentam seções transversais circulares ocas, e as seguintes vantagens são atribuídas a sua geometria: ótimo desempenho a compressão e a torção; ausência de flambagem lateral com a torção; e a possibilidade de utilizar e aproveitar o seu interior.

O arquiteto japonês Shigeru Ban é responsável por diversas obras arquitetônicas que utilizam o tubo de papelão como elemento estrutural, dentre elas, o Pavilhão de Odawana (Japão).

Shigeru Ban explorou e desenvolveu diversos sistemas construtivos utilizando tubos de papelão como os arcos e as geodésicas, que são estruturas espaciais utilizados para vencer grandes vãos.

O objetivo geral deste trabalho é o estudo das propriedades físicas e mecânicas de tubetes de papelão para construção de abrigos emergenciais.

Os objetivos específicos deste trabalho são analisar resultados de diversos ensaios feitos com tubetes de papelão e comprovar a resistência estrutural aceitável para edificações de caráter emergencial.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

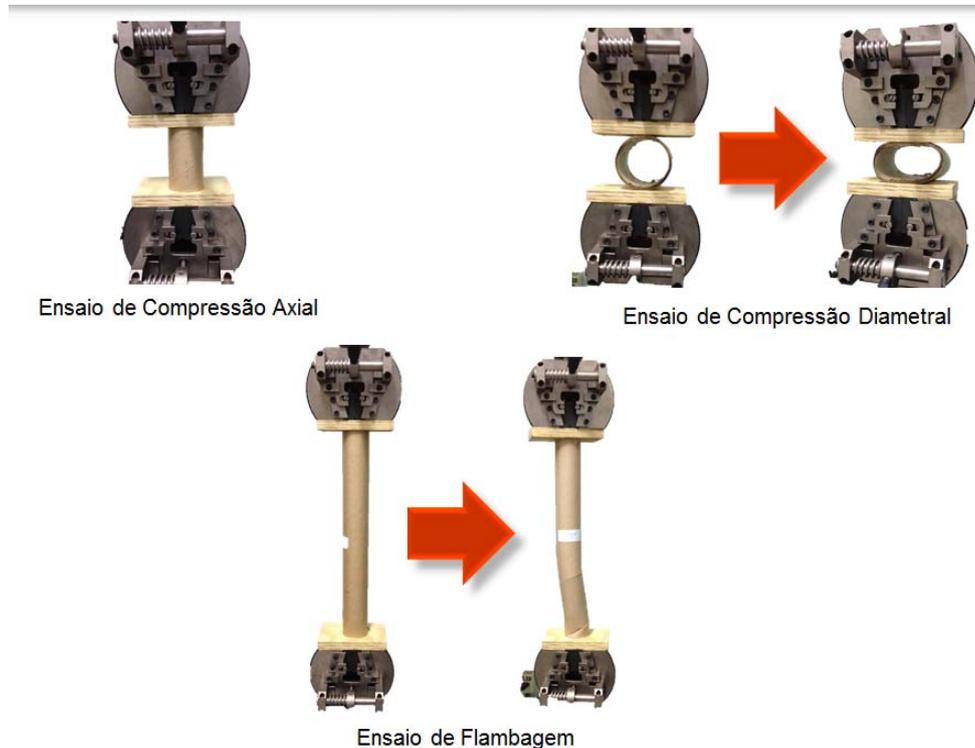
Os tubos de papelão utilizados neste estudo foram recolhidos no Escritório Escola, Sociedade Universitária Redentor – Faculdade Redentor – Itaperuna/RJ, em gráficas, localizadas em Itaperuna-RJ. Foram realizados quatro tipos de ensaios:

**Compressão Axial** (Figura 1): O ensaio foi orientado pela ABNT NBR ISO 11093-9:2009 [4] - Papel e Cartão - Ensaio de tubetes - Parte 9: Determinação da resistência ao esmagamento, que determina o comprimento de  $100 \pm 1.5$  mm em todos os pontos, para corpos de prova cortados de tubos com diâmetro interno nominal  $\leq 300$  mm.

**Compressão Diametral** (Figura 1): Para este ensaio, foi aplicada uma forma de compressão nos tubos posicionados paralelamente ao eixo. Foram utilizados os procedimentos pela ABNT NBR ISO 11093-9:2009 [4] - Papel e Cartão - Ensaio de tubetes - parte 9: Determinação de resistência ao esmagamento.

**Flambagem** (Figura 1): Nesse ensaio foram utilizados três corpos de prova para cada espessura de tubo, buscando reconhecer com qual carga os mesmos sofrem deformação por flambagem. O comprimento dos corpos de prova seguiram o padrão de 450 mm. Para orientação do ensaio, foram utilizadas as mesmas diretrizes do ensaio de compressão axial.

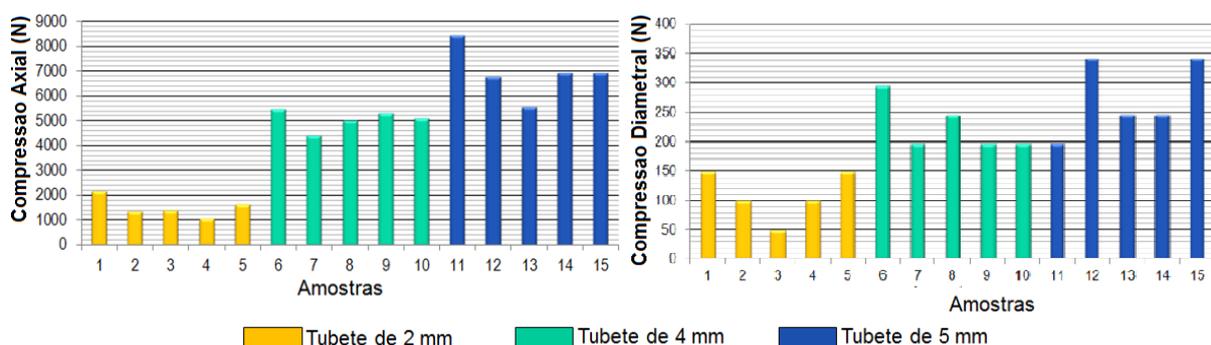
**Absorção:** Nesse ensaio, buscou-se analisar o percentual de água absorvido pelos corpos de prova sem proteção, buscando justificar a importância da impermeabilização dos tubos para sua maior durabilidade. Em um primeiro momento, as amostras passaram por uma secagem em estufa em temperatura de 105°C até atingirem massa constante. Este ensaio foi baseado na ABNT NBR 14257:1998 [3] - Papel e cartão - Tubetes - Determinação de umidade - Método por secagem em estufa.



**Figura 1:** Ensaios para Caracterização Mecânicas dos Tubetes

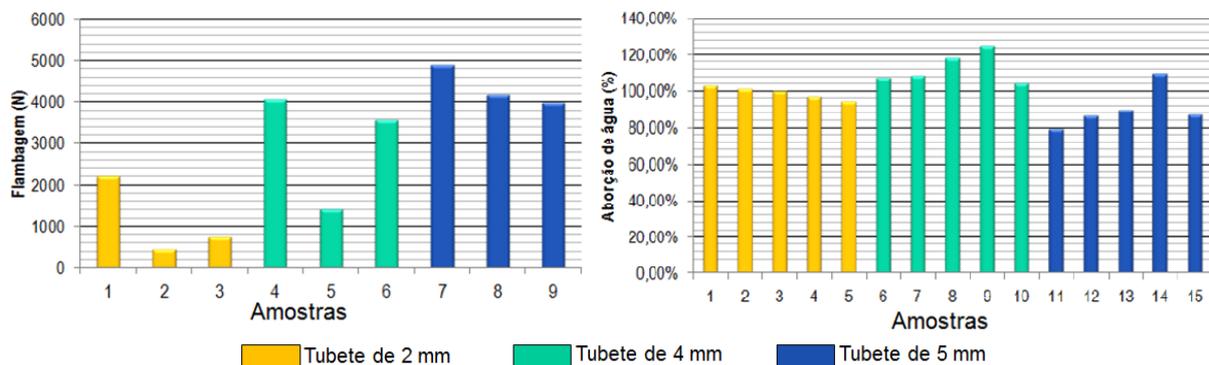
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios estão apresentados nos gráficos das figuras 2 e 3. Com base nos ensaios foi possível determinar que os corpos de provas nos ensaios de compressão axial (Figura 2) os tubetes de 5 mm apresentam melhores propriedades mecânicas apresentando uma resistência aproximadamente de 9kN. Na compressão diametral (Figura 2) novamente os tubos de 5 mm apresentaram cerca de 350 kN de resistência mecânica.



**Figura 2:** Ensaios de Compressão

Nos ensaios de flambagem e absorção de água (Figura 3) os melhores resultados ficaram com os tubetes de 5 mm, mostrando serem os melhores para a utilização na construção de abrigos emergenciais.



**Figura 3:** Ensaios de Flambagem e Absorção de água

## 4 CONCLUSÃO

Após a análise completa dos resultados foi possível concluir que é viável utilizar tubetes de papelão em sistemas construtivos, pois os tubetes apresentam forma tubular agregando resistência e estabilidade. Além disso, estes sistemas compõem uma construção muito leve e não necessitam de fundação complexa. No entanto, faz-se necessário a aplicação de algum material impermeabilizante, a fim de neutralizar o impacto da umidade sobre o material, aumentando assim seu tempo de vida útil.

Outro ponto a ser observado é a vida útil desses tubetes a fim de estimar a vida útil desses abrigos. Caso os tubetes apresentem uma baixa vida útil a busca por materiais que aumentem essa vida útil se faz necessário, para que seja possível a utilização desse material nesses tipos de abrigos.

## REFERÊNCIAS

- 1 Salado, G. C. Construindo com tubos de papelão: Um estudo da tecnologia desenvolvida por Shigeru Ban. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2006. 186p.
- 2 Ban S. Estrutura em tubo de papel . Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com>. Acessado em: 27/04/2014.
- 3 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14257: papel e cartão: tubetes: determinação da umidade: método por secagem em estufa. Rio de Janeiro, 1998.
- 4 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 11093-9: papel e cartão: ensaio de tubetes: parte 9: determinação da resistência ao esmagamento. Rio de Janeiro, 2009.