

# EMPREGO DA MADEIRA DO GÊNERO PINUS EM SILOS VERTICAIS MODULADOS

**Roberto V. PINHEIRO<sup>1</sup>, Francisco C. GOMES<sup>2</sup>, Francisco A. ROCCO LAHR<sup>3</sup>**

**RESUMO:** O objetivo principal deste trabalho é evidenciar a viabilidade técnica do emprego da madeira de *Pinus elliottii* e taeda na construção de silos verticais modulados com base quadrada, através de um sistema construtivo de encaixes. Tais estruturas estão destinadas ao armazenamento de produtos agrícolas granulares em geral, principalmente, em zonas rurais. Como sub-produto do trabalho, são avaliados o consumo e o custo de madeira. Entretanto, tratando-se do gênero acima mencionado, é de suma importância recomendar o tratamento preservativo e a classificação das peças de madeira. Para tornar viável o desenvolvimento do trabalho em questão, foram adotados alguns parâmetros essenciais, tais como, capacidade de armazenagem do silo, forma de carregamento e de descarga dos produtos, entre outros. Finalmente, a utilização da madeira serrada de *Pinus* na construção de silos, uma vez demonstrada sua viabilidade técnica, deverá constituir-se em importante alternativa, considerando a relativa facilidade do processo construtivo proposto e a não exigência de equipamentos sofisticados, além das vantagens referentes à implantação, à exploração e ao manejo sustentado destes reflorestamentos, podendo conduzir a um custo final mais acessível.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pinus, Silo Vertical Modulado, Produtos Agrícolas

**ABSTRACT:** The main aim this work is to demonstrate the technical viability of using *Pinus elliottii* and taeda timber in construction of modulate vertical silos with square basis through of mortise constructive sistem. These structures are destined at the warehousing of the agricultural products, mostly, in rural zone. However, to the genus mentioned, it's very important to obtain wooden structural pieces previously classified and preserved against biological attack. To the development of this work, some parameters were adopted, for exemple, capacity of silo storage, method for filling and discharge of the agricultural products. At last, the utilization of *Pinus* lumber in silos construction, demonstrated its technical viability, will constitute in expressive alternative, taking in account the facility of the constructive process and the inexigency of sophisticated equipment. Other advantages are considered, i.e., the implantation and the exploration of these planted forest, will conduct to a accessible final cost.

**KEYWORDS:** Pinus, Modulate Vertical Silo, Agricultural Products

---

(1) Doutorando em Eng. de Estruturas, Depto. de Eng. de Estruturas, EESC/USP, São Carlos, SP, Brasil.

(2) Professor Assistente, Depto. de Engenharia Agrícola, ESAL, Lavras, MG, Brasil.

(3) Professor Titular, Depto. de Engenharia de Estruturas, EESC/USP, São Carlos, SP, Brasil.

**INTRODUÇÃO:** Atualmente, nas regiões Sul/Sudeste, existem grandes áreas de reflorestamento em Coníferas, principalmente, algumas espécies do gênero *Pinus*. No Estado de São Paulo, há cerca de 220 mil hectares plantados e, por volta de 15 anos, o potencial madeireiro estará em condições de ser usado na forma de madeira serrada para estruturas. Portanto, este trabalho foi proposto com o objetivo de verificar a viabilidade técnica do emprego da madeira de *Pinus elliottii* e taeda em construções rurais, propondo um sistema construtivo de encaixes que facilitasse a execução de silos verticais modulados quadrados para armazenamento de produtos agrícolas granulares. Em decorrência do desenvolvimento do trabalho, foi possível determinar o consumo total de madeira e seu correspondente custo. Tal pesquisa será responsável em gerar subsídios técnicos e, conseqüentemente, promover a utilização das mencionadas espécies, mantendo equilibrada a capacidade de oferta que, aliada à proximidade dos grandes centros consumidores, levará a um menor custo final. Outros fatores a considerar dizem respeito ao processo preservativo e à classificação das peças estruturais de madeira. Com base em comprovação científica, pode-se afirmar sobre a efetividade dos mesmos, além da facilidade de execução e do baixo custo. Finalmente, a plena utilização destas espécies promoverá a esperada diminuição da pressão sobre as florestas nativas brasileiras.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Tratando-se de um trabalho desenvolvido com madeira de *Pinus* - altamente susceptível à demanda biológica - e direcionada ao emprego estrutural em silos, há a necessidade de classificá-la e preservá-la. Sabendo-se que tais estruturas se encaixam perfeitamente no universo rural de utilização, admite-se como satisfatória a classificação visual (utilizada para detectar defeitos de crescimento, de produção, de secagem e de alteração). Para isto, devem ser de conhecimento público e notório as propriedades mecânicas das espécies em questão. Quanto à preservação, o ideal será fazê-la através do Processo de Vácuo e Pressão (executada em autoclaves), mas existem outros processos bastante conhecidos, tais como Banho Quente-Frio e Substituição de Seiva. O grande cuidado a ser tomado refere-se ao tipo de preservativo a ser empregado, pois a madeira preservada ficará em contato com produtos agrícolas. Para a realização propriamente dita do trabalho, houve a necessidade da adoção de alguns parâmetros considerados essenciais. Tais parâmetros, relacionam-se tanto às características da estrutura, bem como dos produtos armazenados. A respeito do primeiro, pode-se citar: capacidade de armazenamento do silo -  $30\text{m}^3$ ; dimensão em planta - 2m (cada lado); altura - 7,5m; carregamento centrado; descarga com fundo plano. Tal estrutura é composta por vigas laterais sobrepostas horizontalmente, apoiadas em pilares intermediários e em pilares de canto. A fixação entre vigas e pilares é feita através de cavilhas de *Pinus* impregnadas com resinas sintéticas, cujas propriedades são apresentadas por Gomes (1996). Com relação às características dos produtos armazenados, estas foram baseadas nos cereais cuja presença predomina nos campos de plantio das regiões Sul/Sudeste, ou seja: o café, o arroz, o feijão, o milho e a soja. Segundo Calil Jr. (1990), tomou-se as seguintes propriedades intrínsecas: massa específica aparente -  $900\text{Kg/m}^3$ ; coeficiente de atrito com a parede - 0,20; coeficiente de atrito interno - 0,50. Para o dimensionamento, utilizou-se a NBR 7190/96 e o EUROCODE 1 - ENV 1991-4. A avaliação dos carregamentos deu-se de acordo com Calil Jr. e Nascimento (1996).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Com os resultados do dimensionamento, pode-se adotar para os elementos estruturais: vigas laterais - 6cm x 30cm; pilares intermediários - duas peças de 6cm x 16cm espaçadas de 18cm; pilares de canto - peça de seção triangular com 15cm de lado; 6 cavilhas - diâmetro de 2cm - em cada viga lateral, sendo duas em cada apoio. Os pilares intermediários, devido à sua esbeltez, devem ser contraventados a cada 2,5m, evitando assim possíveis flambagens globais. Este contraventamento foi proposto através de barras rosqueadas de 12mm de diâmetro. Para prevenção contra a flambagem local, deve-se adotar enrijecedores descontínuos a cada 0,50m. A partir destas dimensões pode-se propor o processo construtivo descrito anteriormente. O consumo de madeira necessário para compor a estrutura do silo, bem como o seu custo, são apresentados na Tabela 01. Para facilitar a estimativa do custo da madeira empregada no silo, adotou-se valor médio; valor encontrado após as pesquisas realizadas entre as madeiras localizadas na cidade de São Carlos e região. Tal preço é de aproximadamente US\$ 250,00 (duzentos e cinquenta dólares). É conveniente lembrar que os valores apresentados na tabela abaixo não incluem os custos referentes aos serviços necessários para a montagem do silo. Devido ao espaço permitido pela Comissão Organizadora do CONBEA, não será exposto os detalhes construtivos. Tais detalhes estão disponíveis com os autores.

**CONCLUSÕES:** À vista do exposto, concluiu-se que é possível executar silos de madeira com as citadas espécies de Pinus através do sistema construtivo por encaixes, sem que haja consumo e custos elevados e, principalmente, sem causar prejuízo à utilização e à segurança estrutural.

TABELA 01 - Consumo e custos das peças de madeira

Elemento Estrutural	Consumo (m <sup>3</sup> )	Custo (US\$)
Vigas Laterais	5,4	1350
Pilar Intermediário	0,6	150
Pilar de Canto	0,4	100

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CALIL Jr., C. **Recomendações de fluxo e de cargas para o projeto de silos verticais.** São Carlos, 1990. 198p. Tese (Livre Docência) - LaMEM/EESC/USP.

GOMES, O. F. **Estudos das ligações cavilhadas impregnadas com resinas estirênicas empregadas em estruturas de madeira.** São Carlos, 1996. 234p. Tese (Doutorado) - LaMEM/EESC/USP.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1996). **NBR - 7190 - Projetos de estruturas de madeira.** Rio de Janeiro.

EUROCODE 1 - ENV 1991-4 - **Basis of design and action on structures / Actions on silos and tanks.** Bruxelas.

CALIL Jr., C.; NASCIMENTO, J.W.B. Combinações das ações para o projeto de silos. In: XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Bauru, 1996. **Anais.** Bauru, Faculdade de Engenharia e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 1996. v.1, p.131-146.