

## Confecção de Calços de *Eucalyptus paniculata* para Transporte de Chapas de Aço

Vinnicius Dordenoni Pizzol<sup>1</sup>, Marcelo Nogueira<sup>2</sup>, Lucas Recla Lombardi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras – UFLA

<sup>2</sup>Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa – UFV

### RESUMO

O presente trabalho analisou a viabilidade do uso da madeira de *Eucalyptus paniculata* na confecção de calços, avaliou se a área utilizada nos calços é suficiente aos esforços solicitantes e a comparou com a madeira de *Corymbia citriodora*, já utilizada. Determinou-se a umidade, densidade aparente, força máxima de compressão normal e a nova área de contato. Os dados mostraram que o *Eucalyptus paniculata* pode ser utilizado como calço para o transporte de chapas de aço e o calço já utilizado apresenta área suficiente.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus paniculata*, calço, compressão normal.

## The Building of Wooden Blocks with *Eucalyptus paniculata* for Transportation of Steel Plates

### ABSTRACT

This study examined the viability of the use of *Eucalyptus paniculata* wood in the manufacturing of wooden blocks, evaluated whether the area used in the pads was enough to the strain, and compared it to *Corymbia citriodora* wood - already used. The moisture, bulk density, maximum force and the new normal compression contact area were determined. The data showed that *Eucalyptus paniculata* wood can be used as a prop for the transportation of steel plates and that the wooden block area already used is large enough.

**Keywords:** *Eucalyptus paniculata*, wooden block, normal compression.

Os portos capixabas movimentam em torno de 45% do PIB Estadual, 9,13% de todo o valor exportado pelo País e 4,95% de todo o valor importado, sendo o segundo maior complexo exportador em valor e o sétimo maior importador, do Brasil. Os principais produtos exportados pelos portos capixabas são minério de ferro, granito, produtos siderúrgicos e celulose (Marçal, 2006).

O setor de produtos siderúrgicos emprega tradicionalmente calços de madeira como separadores entre chapas de aço nos pátios da usina, portos e embarcações. Segundo a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 14807 (Associação..., 2002), os calços classificam-se como quadrados, sendo constituídos de peças de madeira serrada com seção transversal quadrada de aresta igual a 10 cm e 1 m de comprimento. Os calços são adquiridos de

fornecedores externos e, normalmente utilizados em condições de umidade acima do ponto de saturação das fibras (madeira verde).

Ao serem montadas as pilhas, os calços sofrem esforços de compressão normal às fibras, sendo esta propriedade mecânica determinante para o bom desempenho. É certo que outros esforços se desenvolvem sobre os calços, uma vez que a sua geometria não é perfeita. Esforços de natureza cisalhante podem ocorrer tanto no sentido longitudinal da pilha (e transversal ao comprimento dos calços) quanto lateralmente ou, ainda, simultaneamente. Esforços mais complexos como torção e flexão podem também ocorrer como consequência de pequenas imperfeições na geometria dos calços ou das deformações elásticas ou permanentes que resultam das cargas exercidas pelas chapas.

Finalmente, podem ser citados outros esforços igualmente complexos decorrentes do regime dinâmico de cargas a que são submetidas as pilhas quando estão em movimento nas embarcações e outros meios de transporte.

Por muito tempo, a aplicação dos calços de madeira não apresentou maiores problemas, pois eram utilizadas madeiras nativas de alta densidade e resistência. Silva (2008) ressalta que a escassez de espécies de elevada resistência mecânica e natural tem levado ao uso de madeiras jovens, de ciclo curto e rápido crescimento, sendo as espécies de gênero *Eucalyptus* amplamente utilizada para usos múltiplos. No presente, entretanto, o comportamento de algumas pilhas de chapas tem merecido a atenção dos trabalhadores. Algumas ocorrências de instabilidade e deformações excessivas têm sido relatadas, fatos que podem levar à ocorrência de acidentes.

Assim como no mercado brasileiro de madeira sólida, os consumidores de calços têm vivido os efeitos da escassez de madeira. Atualmente existe pouca oferta de madeira de reflorestamento de alta densidade, como o *Corymbia citriodora* e o *Eucalyptus cloeziana*. Estas espécies de madeira atendem às necessidades, entretanto, a oferta desse material no mercado não consegue suprir a demanda.

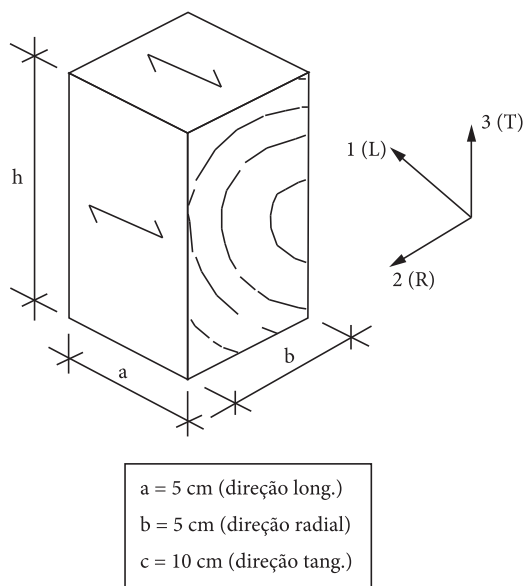
O objetivo do estudo foi analisar a viabilidade da madeira de *Eucalyptus paniculata* para confecção de calços, bem como analisar se a área utilizada

nos calços é suficiente aos esforços solicitantes e compará-la com a madeira de *Corymbia citriodora* que já é utilizada.

O programa experimental foi desenvolvido no Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, sendo a madeira proveniente de fornecedores da empresa Arcelor Mittal Tubarão, envolvendo duas espécies: *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus paniculata*.

Após a determinação da umidade e da densidade aparente, foram confeccionados os corpos de prova, sendo que de cada espécie amostraram-se três árvores, e de cada árvore foram confeccionados 6 corpos de prova de  $5 \times 5 \times 10$  cm, totalizando 18 corpos de prova, conforme Figura 1.

Para a realização do ensaio de compressão normal às fibras, foi utilizada uma máquina universal de ensaios da marca EMIC, com capacidade de 100 KN, de acordo com a norma NBR 7190 (Associação..., 1997). Os corpos de prova foram submetidos a um carregamento até a ruptura. A resistência à compressão normal às fibras foi determinada convencionalmente pela deformação



**Figura 1.** Dimensões gerais e orientação do corpo de prova.

**Figure 1.** General dimensions and orientation of the specimens.

específica residual de 2%. Neste caso, para a determinação do módulo de elasticidade, tomou-se a inclinação da reta definida entre os pontos correspondente a 10 e 50% da carga de ruptura de um exemplar piloto, ensaiado inicialmente.

De posse dos dados e gráficos gerados pelo equipamento, foi calculada a resistência à compressão normal às fibras ( $f_{c90,k}$ ) para cada corpo de prova. Em seguida, consideraram-se os oito menores valores para o cálculo do valor característico de cada espécie.

A área de contato do calço necessária para suportar uma placa de aço de 20,5 t foi calculada através da Equação 1 - NBR 7190 (Associação..., 1997).

$$A_c \geq \frac{F_d}{f_{c90,d} \times \alpha_n} \tag{1}$$

onde:

- $A_c$ : Área de contato;
- $F_d$ : Força de compressão normal;
- $F_{c90,d}$ : Resistência à compressão normal;
- $\alpha_n$ : Coeficiente dependente da extensão da carga.

A umidade inicial para o *Eucalyptus paniculata* foi de 25,42% e a densidade aparente para essa umidade, 1,19 g.cm<sup>-3</sup>; já para o *Corymbia citriodora*, 32,15% de umidade e 1,15 g.cm<sup>-3</sup> de densidade aparente.

Na Tabela 1, são apresentados os resultados do ensaio de compressão normal às fibras para as duas espécies estudadas. Observa-se que, no geral, houve desempenho superior do *Eucalyptus paniculata* comparado ao *Corymbia citriodora*, quando avaliada a resistência à compressão normal às fibras.

Em todos os parâmetros analisados, os valores absolutos encontrados para o *Eucalyptus paniculata* foram superiores aos encontrados para o *Corymbia citriodora*. Vale salientar que os resultados são inferiores ao que preconiza a NBR 7190, em função do teor de umidade dos corpos de prova estar variando entre 25 e 35% para o *Eucalyptus paniculata* e *Corymbia citriodora*, respectivamente.

A Tabela 2 mostra os valores da nova área calculada dos calços, a área atual e a resistência à compressão normal calculada ( $f_{c90d}$ ). A área utilizada

**Tabela 1.** Valores da força máxima, resistência à compressão normal característica, tensão máxima e módulo de elasticidade para o *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus paniculata*.

**Table 1.** Values of maximum strength, normal compressive strength characteristic, maximum strain and modulus of elasticity for *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus paniculata*.

	Força máxima (kN)	$f_{c90,k}$ (MPa)	Tensão máxima (MPa)	MOE (MPa)
<i>Corymbia citriodora</i>				
Máximo	61,39	12,00	23,90	595,30
Mínimo	37,03	10,30	14,50	302,01
Média	48,87	11,23	19,10	451,27
Coef. de variação	15,93	4,94	15,77	24,31
<i>Eucalyptus paniculata</i>				
Máximo	66,10	15,80	25,72	1032,61
Mínimo	56,81	11,40	22,21	429,83
Média	61,83	13,15	24,13	728,48
Coef. de variação	4,00	8,24	3,95	24,64

**Tabela 2.** Áreas e resistência à compressão normal de cálculo das duas espécies, sendo:  $\alpha_n = 1$ ;  $K_{mod,1} = 0,7$ ;  $K_{mod,2} = 0,8$ ; e  $K_{mod,3} = 1$ .

**Table 2.** Areas and strength to normal compression calculated of the two species, as follows:  $\alpha_n = 1$ ;  $K_{mod,1} = 0,7$ ;  $K_{mod,2} = 0,8$ ; and  $K_{mod,3} = 1$ .

Espécie	$f_{c90d}$ (MPa)	Área indicada (cm <sup>2</sup> )	Área atual (cm <sup>2</sup> )
<i>C. citriodora</i>	4,49	763,80	1000
<i>E. paniculata</i>	5,26	698,32	1000

de 1000 cm<sup>2</sup> é superior à encontrada para as duas espécies. Observa-se que o dimensionamento dos calços de *E. paniculata* é superior ao indicado, não comprometendo a segurança das pilhas de aço.

A partir dos resultados obtidos no programa experimental, conclui-se que a madeira de *Eucalyptus paniculata* apresentou melhores características mecânicas quando comparada a da espécie atualmente utilizada, podendo substituir os calços de *Corymbia citriodora* caso necessário. Além disso, observou-se um superdimensionamento na área dos calços já empregados.

## STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 22/12/2010

Aceito: 01/05/2011

Resumo publicado online: 20/05/2011

Artigo completo publicado: 30/06/2011

## AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

### Lucas Recla Lombardi

Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal,  
Departamento de Engenharia Florestal,  
Universidade Federal de Viçosa – UFV  
Av. P.H. Rolfs, s/n, Centro, CEP 36570-000,  
Viçosa, MG, Brasil  
e-mail: lucas.lombardi@ufv.br

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. *NBR-14807: Peças de Madeira Serrada- Dimensões*. Rio de Janeiro: ABNT; 2002.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. *NBR-7190: Projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro: ABNT; 1997.

Marçal CP. *Estatística do comércio exterior*, 2005. Vitória: Portos do Espírito Santo; 2006.

Silva JC. A madeira de eucalipto como matéria prima: mercados e oportunidades. In: Oliveira JTS, Fiedler NC, Nogueira M, editors. *Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III*. Vitória: Suprema; 2008. p. 99-123.