

## **PAINÉIS ESTRUTURAIS EM MADEIRA LAMINADA CRUZADA UTILIZANDO A ESPÉCIE *Eucalyptus benthamii*<sup>1</sup>**

Leonardo Kellet Coelho<sup>2</sup>, Rodrigo Figueiredo Terezo<sup>3</sup>, Hector Bovo Coelho<sup>2</sup>, Alexsandro Bayestorff da Cunha<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto Painéis Estruturais em Madeira Laminada Cruzada

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal – CAV – Bolsista PROBIC/UDESC

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Florestal – CAV – rodrigo.terezo@udesc.br

<sup>3</sup> Co-Orientador, Departamento de Engenharia Florestal – CAV – alexsandro.cunha@udesc.br

Os Painéis Autoportantes em Madeira (PAM), também conhecido por sua abreviação em inglês CLT (Cross Laminated Timber), são formados por camadas de tábuas sobrepostas de forma cruzada (usualmente 90 graus) com suas faces mais largas coladas entre si. Os painéis PAM são fabricados geralmente com três e até sete camadas, variando em número ímpar. Em configurações especiais, camadas seguidas podem estar dispostas na mesma direção, para obter características estruturais específicas. Os painéis têm função estrutural, funcionando como laje e parede numa construção. Deste modo, esse trabalho visa apresentar o processo de manufatura dos painéis autoportantes em madeira utilizando a espécie de *Eucalyptus benthamii*, avaliar a rigidez dos painéis através de ensaios laboratoriais e caracterizar as suas propriedades físicas e mecânicas. A madeira de *Eucalyptus benthamii* utilizada para a confecção dos painéis é proveniente de um plantio experimental com 23 anos de idade, localizado na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), de Lages, Santa Catarina. Foram disponibilizadas 5 árvores com altura total média de 37,16 m e diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 49 cm (42 a 63 cm) das quais foram desdobradas no laboratório de tecnologia da madeira 60 lamelas que foram utilizadas para os painéis. Devido à alta incidência de tensões de crescimento, a madeira do gênero *Eucalyptus* é seca com maior dificuldade e atenção, para que a qualidade final do produto atenda os parâmetros exigidos pelas normas e seu processo não resulte em perdas significativas. Após o desdobramento, as tábuas foram transportadas e armazenadas na cobertura do prédio do curso de Engenharia Florestal, que fica no Centro de Ciências Agroveterinárias, Campus III da UDESC, para secagem das mesmas pelo período de 139 dias. O valor de umidade média das madeiras foi de 17%, resultado obtido por meio do método gravimétrico. A densidade aparente resultante de 0,79 g/m<sup>3</sup> e densidade básica de 0,61 g/m<sup>3</sup>. Também foi realizada classificação visual da madeira serrada, segundo o anexo G do projeto de norma PNBR-7190 (2006). As tábuas foram divididas em quatro classes, denominadas pela norma como classe estrutural Especial (SE), classe estrutural N° 1 (S1), classe estrutural N° 2 (S2) e classe estrutural N° 3 (S3), assim, as tábuas que não se encontravam de acordo com a especificação foram eliminadas do lote. Após a classificação das lamelas, elas passaram pelo processo de aplainamento, realizado no Laboratório de Construções da Engenharia Florestal, esse processo é importante, pois os poros da madeira devem estar abertos na hora da prensagem para maior penetração da cola. A cola foi aplicada nas tábuas da camada intermediária e distribuídas lado a lado, no sentido transversal, sobre a camada inferior. Posteriormente foi aplicada cola nas tábuas da camada superior e distribuídas lado a lado sobre a camada intermediária. A quantidade

do adesivo utilizado foi de 140 g/m<sup>2</sup> nas lamelas de 210,0 cm de comprimento e 80 g/m<sup>2</sup> nas lamelas de 66,0 cm de comprimento. Ao final o painel foi prensado numa prensa manual com pressão de 6 MPa. O adesivo estrutural utilizado na montagem dos painéis é à base de poliuretano monocomponente PUR da empresa Kleiberit. As laterais foram prensadas por meio de cintas de amarração tensionadas com catracas. A pressão de colagem foi mantida por 24 horas, seguido de 72 h sem pressão para garantir o término da cura do adesivo. Para avaliar a rigidez dos painéis, foram realizados ensaios de flexão a três pontos e a quatro pontos. Os ensaios foram feitos de forma não destrutiva, no regime elástico. Os resultados de resistência mecânica determinados nesta pesquisa estão acima do exigido pela norma ETA 06/0138 (2012), a qual indica valores de 12.000 MPa para o módulo de elasticidade e de 24 MPa de resistência, ambos na flexão. Vale ressaltar que a resistência ao cisalhamento à flexão determinada nos PAM (0,68 MPa), está abaixo da resistência característica ao cisalhamento paralelo às fibras da madeira de *Eucalyptus benthamii* (11,41 MPa) de acordo com MÜLLER et al. (2014). Desta forma, a ruptura dos PAM não ocorreu por cisalhamento ou por tensão axial no regime elástico, demonstrando uma boa coesão entre as camadas das lâminas com o adesivo PUR. Como resultado dos ensaios da rigidez dos painéis temos como valor médio no ensaio a três pontos de 10.749 Mpa e o valor médio de 19.128 Mpa para o ensaio a quatro pontos. O trabalho de classificação das lâminas e o seu correto ordenamento nas camadas são responsáveis pelo baixo coeficiente de variabilidade dos resultados, revelando assim uma linearidade do comportamento mecânico na proporção de 1:2 (força:deslocamento). Foram realizados também ensaios destrutivos de flexão estática, cisalhamento, tração normal às fibras, compressão paralela às fibras e compressão normal às fibras em corpos de prova feitos dos PAM's, seguindo a NBR 7190 (1997), para a caracterização das propriedades mecânicas. Todos os corpos de prova foram submetidos a uma fase de secagem prévia, em ambiente climatizado, com temperatura de (20 ± 2) °C e umidade relativa do ar de (65 ± 5) %, visando condicionar os corpos de prova a um teor de umidade próximo de 12 %. Este procedimento foi adotado para diminuir o erro cometido ao reportar os resultados dos ensaios ao teor de umidade de referência. Como resultados para os ensaios de propriedades mecânicas temos todos os valores médios, em flexão estática resultou 72,35 Mpa em resistência, e 15.960,41 Mpa para o módulo de elasticidade, para o ensaio de cisalhamento temos o valor de 0,68 Mpa para resistência e 240,26 Mpa para o módulo de elasticidade, para o ensaio de compressão paralela temos o valor de 27,05 Mpa em resistência e 8246,24 Mpa para o módulo de elasticidade, para o ensaio de compressão normal temos o valor de 21,57 Mpa em resistência e por fim temos o resultado para o ensaio de tração normal de 1,26 Mpa em resistência. Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que a madeira da espécie *Eucalyptus benthamii* tem grande potencial para a produção de painéis autoportantes.

Palavras-chave: Painéis. Madeira estrutural. Madeira colada.