



## **Vulnerabilidade à cavitação de três clones de *Eucalyptus* spp. sob os sistemas silviculturais de alto fuste e talhadia**

Sonia Maria Fernandes Ustulin<sup>1,2</sup>  
Jenickson Rayron da Silva Costa<sup>3</sup>  
Joannès Guillemot<sup>5</sup>, Otávio Camargo Campoe<sup>3,4</sup>  
Clayton Alcarde Alvares<sup>3</sup>  
Magali Ribeiro da Silva<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) / Faculdade de Ciências Agrônômicas (sonia.ustulin@unesp.br),  
<sup>2</sup>Bolsista de Iniciação Científica – Fapesp, <sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal - UNESP, <sup>4</sup>  
Universidade Federal de Lavras (UFLA), <sup>5</sup>Eco&Sols, Univ. Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut  
Agro, IRD, Montpellier, France

**RESUMO:** O déficit hídrico no solo pode comprometer a produtividade de plantações de *Eucalyptus* e dependendo da intensidade e do período que a planta fica submetida pode levar à morte. Isto ocorre devido à cavitação, que é o rompimento da coluna de água no xilema. O objetivo desse trabalho foi avaliar se genótipos sob sistema de talhadia experenciam menos estresse hídrico do que genótipos sob sistema de alto fuste. A área experimental localiza-se no município de Itatinga-SP. A pesquisa foi conduzida em esquema fatorial 3x2 (três genótipos e dois sistemas silviculturais). A cavitação foi avaliada pelo método pneumático. Monitoramos o fluxo de ar nos ramos pelo Pneumatron, tendo seus valores calculados a partir da diferença entre a pressão inicial e final medidas na tubulação de descarga. Aferimos potencial hídrico usando a câmara de pressão de Scholander. Concluímos que o manejo silvicultural não afetou à vulnerabilidade à cavitação dos três genótipos de *Eucalyptus* sp. estudados. No entanto, esta vulnerabilidade pode sofrer influência do material genético. O genótipo G14, comparado aos demais, possui maior vulnerabilidade à cavitação.

*Palavras-chave:* pneumatron, cavitação, sistema silvicultural

### **Introdução**

Os povoamentos de *Eucalyptus* plantados em larga escala, sobretudo nas regiões tropicais, são fundamentais para o avanço na economia, mas também como uma forma de mitigar os impactos sobre as florestas nativas (Payn et al., 2015). Entretanto, as mudanças climáticas têm exercido forte influência na redução da produtividade e mortalidade desses plantios (Hakamada et al., 2015). A diminuição da pluviosidade causa o declínio do potencial hídrico, que por sua vez pode culminar no rompimento da corrente de água, ocorrendo a cavitação (Taiz e Zeiger, 2017).

A cavitação é consequência do declínio do potencial hídrico na planta, ocasionando a obstrução da passagem da água pelos vasos do xilema: a vaporização da água líquida formando bolhas de ar ao longo do xilema (Choat et al., 2018). É possível aferir a vulnerabilidade de plantas à cavitação por meio do potencial hídrico em que ocorre 50% da perda da condutividade hidráulica da planta (i.e., P50) (Brodribb et al. 2020). Esse parâmetro é medido por meio do Pneumatron (Pereira et al., 2016), o qual mede a descarga de gás do tecido vegetal enquanto o potencial hídrico está em declínio (Trabi



et al., 2021).

Em plantios de *Eucalyptus*, há duas opções de manejo: a reforma da área por meio de plantio de mudas, (conhecido como alto fuste), ou a condução da brotação da rotação anterior (conhecido como talhadia) (Costa, 2023). Um importante questionamento científico é se o longo sistema radicular da talhadia, em comparação com alto fuste, faria com que esse povoamento experienciasse menos estresse hídrico do que alto fuste.

Portanto, os objetivos desse trabalho foram avaliar se plantas sob sistema de talhadia experienciam menos estresse hídrico do que plantas sob sistema de alto fuste e portanto, teriam diferença na vulnerabilidade à cavitação; e se os genótipos testados apresentam diferenças na vulnerabilidade à cavitação.

## **Material e métodos**

### *Área Experimental e Delineamento*

A área experimental localiza-se no município de Itatinga-SP (-23° 06' 06" sul e a uma longitude -48° 36' 57" oeste), que possui clima subtropical úmido, com classificação climática de Köppen-Geiger Cfa (Alvares et al., 2013). Essa área experimental é do Programa Cooperativo EUCFLUX, em parceria entre o Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais - IPEF, CIRAD, UFLA, ESALQ/USP, FCA/UNESP e empresas do setor florestal.

O povoamento foi implantado em novembro de 2018, pertencendo a Fase II do Programa Cooperativo EUCFLUX (IPEF, 2021). A pesquisa foi conduzida em esquema fatorial 3x2 (3 clones e 2 sistemas silviculturais), totalizando 6 tratamentos. Cada parcela tem 36 m x 32 m de tamanho e contém 12 linhas e 16 colunas, totalizando 192 indivíduos. As coletas, em número de 6 de cada tratamento, foram feitas nas 100 árvores centrais de cada parcela para evitar os efeitos de borda. As avaliações foram realizadas verão de 2022.

### *Método de Avaliação*

Os ramos foram coletados das árvores centrais da parcela, uma vez por semana no início da noite, às 18 horas. Após a coleta, as amostras eram armazenadas em sacos plásticos pretos, e tinham sua base cortada enquanto imersos em um balde d'água, onde passavam a noite, para que as avaliações pudessem começar no dia seguinte. Enquanto submetidos à dessecação em bancada, a base dos ramos permanecia conectada ao reservatório de vácuo do Pneumatron (Pereira et al., 2019).

A dessecação em bancada durou, em média, três dias. Enquanto os ramos secavam, realizamos o monitoramento do fluxo de ar nos ramos pelo Pneumatron. As medições do aparelho são baseadas



em valores relativos, que são calculados a partir da diferença entre a pressão inicial e final medidas na tubulação de descarga (Trabi et al., 2021).

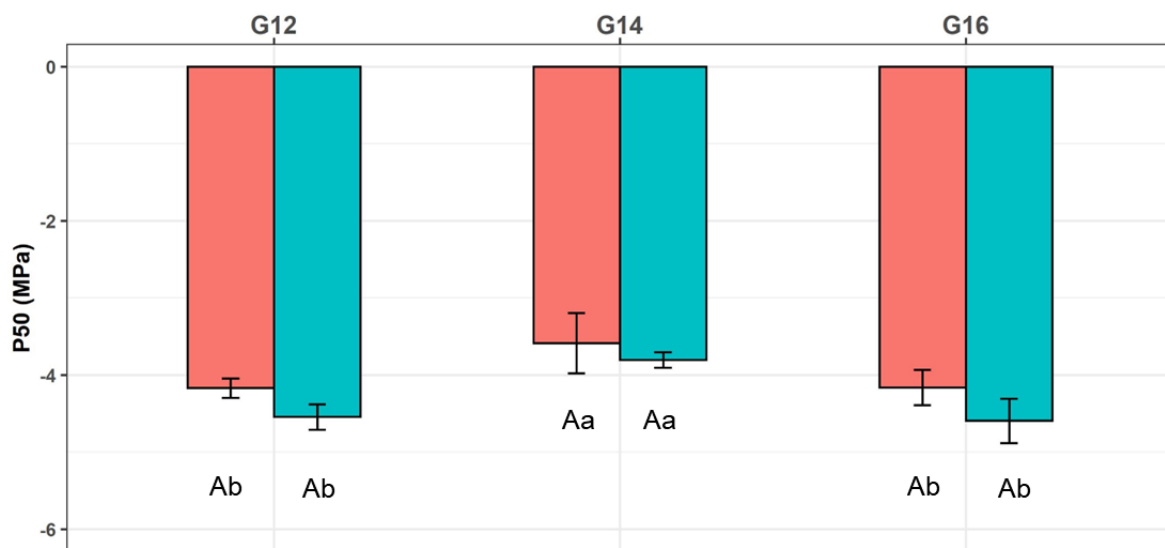
Também aferimos potencial hídrico usando a câmara de pressão de Scholander (Scholander et al., 1965), utilizando uma folha de cada ramo. Esta medição foi realizada até que o potencial hídrico atingisse aproximadamente -10 MPa (limite suportado pela câmara).

Desse modo, conseguimos analisar os valores de pressão (inicial e final) que foram registrados durante o tempo de medição padrão (1 minuto) no Pneumatron e, também, acompanhar os valores de potencial hídrico das folhas. Por fim, realizamos a análise de dados por meio do Software R, versão 4.2.0.

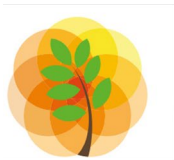
## Resultados e discussão

A partir da análise da vulnerabilidade à cavitação de três genótipos de *Eucalyptus* sp., ao comparar o alto fuste e a talhadia para cada material genético, observamos que, a vulnerabilidade à cavitação independe de qual sistema silvicultural foi adotado para condução do povoamento (Figura 1).

No entanto, quando comparamos os materiais genéticos, verificamos que o genótipo influenciou na vulnerabilidade, considerando a diferença significativa entre o clone G14 e os demais. O clone G14 apresentou maior vulnerabilidade à cavitação, pois os valores de P50 foram atingidos com potenciais hídricos maiores (menos negativos). Os genótipos G12 e G16 não apresentaram diferenças entre si, apresentando valores abaixo de -4MPa.



**Figura 1** – Vulnerabilidade à embolia de três genótipos de *Eucalyptus* sp. nos sistemas silviculturais de talhadia (laranja) e alto fuste (azul). Letras maiúsculas comparam o manejo em cada clone; letras minúsculas comparam os clones para



cada manejo pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro.

O genótipo G14 (*E. saligna*), tem origem de regiões mais úmidas, assim como o G12 (*E. urophylla*) de regiões quentes e úmidas, e o G16 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*) de regiões com clima subtropical/temperado. Em consequência de sua região de origem, o genótipo G14 uma maior vulnerabilidade à cavitação, possivelmente, por ter uma margem de segurança mais estreita (Costa et al., 2023).

### **Conclusão**

O sistema silvicultural não exerceu influência na vulnerabilidade à cavitação dos três genótipos de *Eucalyptus* avaliados. Entre os genótipos, o G14 (*E. saligna*) demonstrou ter maior vulnerabilidade à cavitação do que os demais.

### **Agradecimentos**

À FAPESP (processo 2022/10558-8) pela bolsa de iniciação científica concedida à primeira autora. Ao CNPq (processo 130316/2021-0) pela bolsa de mestrado concedida ao segundo autor. A toda equipe do EUCFLUX-IPEF pelo suporte prestado e financiamento desta pesquisa.

### **Referências bibliográficas**

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Berlim, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BRODRIBB, T. J.; POWERS, J.; COCHARD, H.; CHOAT, B. Hanging by a thread? Forests and drought. Science, Pennsylvania, v. 368, n. 6488, p. 261–266, 2020.
- CHOAT, B.; BRODRIBB, T.; DUURSMA, R.; LÓPEZ, R.; MEDLYN, B. Triggers of tree mortality under drought. Nature, Londres, v.558, n.1, p. 531-539, 2018.
- COSTA, J. R. S. Comparing functional traits of planted *Eucalyptus* sp. Genotypes managed as high tree and coppice. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2023.
- HAKAMADA, R. E.; STAPE, J. L.; LEMOS, C. C. Z.; EMANUEL, A.; ALMEIDA, A.; SILVA, L. F. Uso do inventário florestal e da uniformidade entre árvores como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em plantios clonais de eucalipto. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.43, n.105, p. 27-39, 2015.
- IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – Fluxos de Carbono e Água em Eucalipto. IPEF, 2021. Disponível em: <https://www.ipef.br/eucflux2/>
- PAYN, T.; CARNUS, J. M.; FREER-SMITH, P.; KIMBERLEY, M.; KOLLERT, W.; LIU, S.; ORAZIO, C.; RODRIGUEZ, L.; SILVA, L. N.; WINGFIELD, M. J. Changes in planted forests and future global implications. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v.352, n.1, p. 57-65, 2015.



PEREIRA, L.; BITTENCOURT, P. RL.; OLIVEIRA, R. S.; JÚNIOR, M. BM.; BARROS, F. V.; RIBEIRO, R. V.; MAZZAFERA, P. Plant pneumatics: stem air flow is related to embolism – new perspectives on methods in plant hydraulics. *New Phytologist*, Cambridge, v.211, n.1, p. 357–370, 2016.

PEREIRA, L.; BITTENCOURT, P. RL.; PACHECO, V. S.; MIRANDA, M. T.; ZHANG, Y.; OLIVEIRA, R. S.; GROENENDIJK, P.; MACHADO, E. C.; TYREE, M. T.; JANSEN, S.; ROWLAND, L.; RIBEIRO, R. V. The Pneumatron: An automated pneumatic apparatus for estimating xylem vulnerability to embolism at high temporal resolution. *Plant, Cel and Environment Wiley*, Nova York, v.43, n.1, p. 131-142, 2019.

SCHOULANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, EDDA D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap Pressure in Vascular Plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, v. 148, n. 3668, p. 339 – 346, 1965.

TAIZ, L., ZEIGER, E. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetais*. 6. ed. Porto Alegre, 2017. 731 p.

TRABI, C. L.; PEREIRA, L.; GUAN, X.; MIRANDA, M. T.; BITTENCOURT, P. R. L.; OLIVEIRA, R. S.; RIBEIRO, R. V.; JANSEN, S. A User Manual to Measure Gas Diffusion Kinetics in Plants: Pneumatron Construction, Operation, and Data Analysis. *Frontiers in Plant Science*, Suíça, v.12, 2021.

