



## **Margem de segurança hidráulica na caracterização da resistência a seca de genótipos de *Eucalyptus***

Jhuan Lucas Melo Maciel<sup>1,2</sup>  
Jenickson Rayron da Silva Costa<sup>2</sup>  
Magali Ribeiro da Silva<sup>1,2</sup>  
Otávio Camargo Campoe<sup>2,3</sup>  
Joannès Guillemot<sup>4</sup>  
Clayton Alcarde Alvares<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) / Faculdade de Ciências Agrônômicas (jhuan.lucas@unesp.br),

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal - UNESP, <sup>3</sup> Universidade Federal de Lavras (UFLA),

<sup>4</sup>Eco&Sols, Univ. Montpellier, CIRAD, INRAe, Institut Agro, IRD, Montpellier, France

**RESUMO:** *A obtenção de recursos proveniente das florestas plantadas está aumentando, forçando a produção em áreas mais vulneráveis, que são mais propensas a serem afetadas pela seca, sendo que seus efeitos nos povoamentos florestais de Eucalyptus permanece pouco compreendido. Medimos as relações hidráulicas de 21 genótipos comerciais de Eucalyptus na Região Sudeste do Brasil. O objetivo desse trabalho foi caracterizar a margem de segurança hidráulica dos diferentes genótipos de Eucalyptus. Para caracterizar a resistência a seca, determinamos o potencial hídrico foliar mínimo ( $\Psi_{min}$ ), o ponto de perda do turgor ( $\Psi_{tlp}$ ) por meio da curva pressão-volume, o potencial hídrico no qual 50% da condutividade do xilema é perdida ( $P_{50}$ ) e a margem de segurança hidráulica ( $MSH$ ), sendo determinada de duas maneiras, pela diferença do  $\Psi_{tlp}$  e  $P_{50}$ , e a diferença entre o  $\Psi_{min}$  e  $P_{50}$ . As relações hídricas foliares das árvores variaram amplamente para todas as características, sendo que o  $\Psi_{tlp}$  médio variou de -1,93 a -2,57 MPa, apresentando uma forte correlação positiva com  $\pi$ . Nossos resultados sugerem que o  $\Psi_{tlp}$  e  $P_{50}$  são ótimos preditores da  $MSH$  e da tolerância a seca para os genótipos de Eucalyptus.*

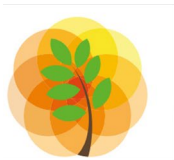
*Palavras-chave:* traços hidráulicos, mecanismos fisiológicos, ponto de perda de turgor

### **Introdução**

A demanda hídrica das florestas plantadas de eucalipto de rápido crescimento, limita sua expansão em áreas com déficit hídrico (Gonçalves et al., 2013), sendo que, fatores relacionados as mudanças climáticas aumentarão a frequência, duração e intensidade dos eventos de seca, levando à redução do crescimento das árvores e ao aumento do risco de mortalidade por seca.

Com isso, existe a necessidade de preditores ecofisiológicos que possam ser usados como indicativos do desempenho futuro em relação a tolerância à seca (Choat et al., 2012). Uma abordagem bem estabelecida para estudar a tolerância à seca das plantas é quantificar suas respostas fisiológicas ao suprimento de água, ou seja, os parâmetros hidráulicos foliares (Johnson et al., 2018).

As plantas exibem uma ampla gama de mecanismos morfológicos, anatômicos e fisiológicos que lhes permitem resistir à seca. O ponto de perda de turgor ( $\Psi_{tlp}$ ) é o potencial hídrico da folha no qual a pressão de turgor das células foliares é igual a zero, sendo um indicador do potencial hídrico



em que as células da folha se tornam flácidas (Sun et al., 2020).

Outra métrica para caracterizar a resistência do xilema à embolia é o potencial hídrico associado a uma redução de 50% na condutância hidráulica do xilema (P50). As plantas podem regular seus estômatos para evitar baixos potenciais de água e, portanto, uma outra propriedade hidráulica importante é a margem de segurança hidráulica (MSH), que indica quão próximo o potencial de água da planta cai em relação aos limiares críticos.

A MSH é classificada como o risco de uma planta sofrer falha hidráulica em condições extremamente secas, sendo que a diferença entre o potencial da água no ponto de perda do fechamento do turgor ( $\Psi_{tlp}$ ) e o potencial da água causando 50% de perda da condutância hidráulica ( $\Psi_{50}$ ) é uma ótima variável de avaliação, visando prevenir o risco de falha hidráulica para uma espécie (Martin-Stpaul; Delzon; Cochard, 2017).

O entendimento desses parâmetros hidráulicos, bem como as suas interações, é fundamental para o conhecimento de mecanismos que levam as plantas a se adaptarem à disponibilidade hídrica. Com isso, o objetivo desse trabalho foi analisar como o  $\Psi_{tlp}$  e P50 variam, além de caracterizar a margem de segurança hidráulica dos diferentes genótipos de *Eucalyptus*.

## **Material e métodos**

### *Caracterização da Área de Estudo*

A área experimental localiza-se no município de Itatinga-SP, que se caracteriza por possuir um clima subtropical úmido, com classificação climática de Köppen do tipo Cfa. A área experimental faz parte do Programa Cooperativo Eucflux do Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais - IPEF.

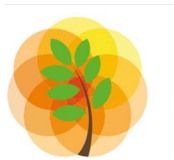
### *Delineamento Experimental*

O delineamento experimental adotado consistiu em 8 repetições (blocos) de 21 parcelas, sendo cada parcela plantada com um genótipo diferente de *Eucalyptus* (G1–G21) distribuídos aleatoriamente. Cada parcela foi plantada em novembro de 2018 com um único genótipo com espaçamento de árvores de 3 m  $\times$  2 m. As avaliações das relações hídricas ocorreram no ano de 2021.

### *Avaliações para a caracterização da resistência a seca dos genótipos*

#### Potencial hídrico foliar mínimo ( $\Psi_{min}$ )

O potencial hídrico foliar mínimo ( $\Psi_{min}$ , MPa) foi determinado no período seco, em medições efetuadas entre 11 e 14 h, para cada medida de potencial, uma folha madura, expandida e exposta foi coletada do terço superior da copa em quatro árvores centrais em cada parcela de todos



os genótipos e imediatamente foram medidas. O  $\Psi_{min}$  foi mensurado utilizando uma câmara de pressão.

#### Ponto de perda do turgor ( $\Psi_{tlp}$ )

O método referência para obtenção do ponto de perda do turgor ( $\Psi_{tlp}$ , MPa) foi por meio da curva pressão-volume (PV), para derivar as características da relação água da folha, medindo o declínio do potencial hídrico da folha à medida que a folha desidrata conforme descrito por (Bartlett; Scoffoni; Sack, 2012). Para a construção das curvas PV, seis amostras de galhos (uma por árvore de seis árvores) foram coletadas ao final da tarde para cada genótipo, onde foram selecionados de cinco a seis folhas maduras e bem desenvolvidas.

As curvas foram criadas plotando o inverso de  $\Psi$  folha contra o conteúdo relativo de água, de acordo com o método de secagem em bancada com uma câmara de pressão, a partir de determinações repetidas de massa fresca e  $\Psi$  folha durante a desidratação da folha na bancada do laboratório até que os valores de  $\Psi$  folha se aproximassem  $-4,0$  MPa (Bartlett; Scoffoni; Sack, 2012; Johnson et al., 2018).

#### Método Pneumático

O método pneumático foi desenvolvido de acordo com Pereira et al. (2016), consiste em estimar as mudanças de pressão em um reservatório de vácuo conectado a base de cada ramo para mensurar o ar que estiver saindo do interior das amostras dos galhos. No trabalho, utilizamos o pneumatron, equipamento automatizado para o método pneumático, que segue o mesmo princípio do método pneumático manual, estimando as curvas de vulnerabilidade do xilema, onde melhorou consideravelmente a precisão do método pneumático, facilitando a detecção de pequenas diferenças na porcentagem de ar descarregado (PAD), o trabalho foi realizado conforme Pereira et al. (2020).

As curvas de vulnerabilidade hidráulica foram ajustadas entre as descargas de ar padronizadas (%) e o potencial hídrico do xilema, usando um modelo sigmoidal, e P50 foi extraído para os 21 genótipos pelo método de desidratação em bancada (Cochard et al., 2013).

#### Margem de segurança hidráulica (MSH)

A margem de segurança hidráulica (MSH) foi determinada de duas maneiras, pela diferença do  $\Psi_{tlp}$  e P50, e a diferença entre o  $\Psi_{min}$  e P50.



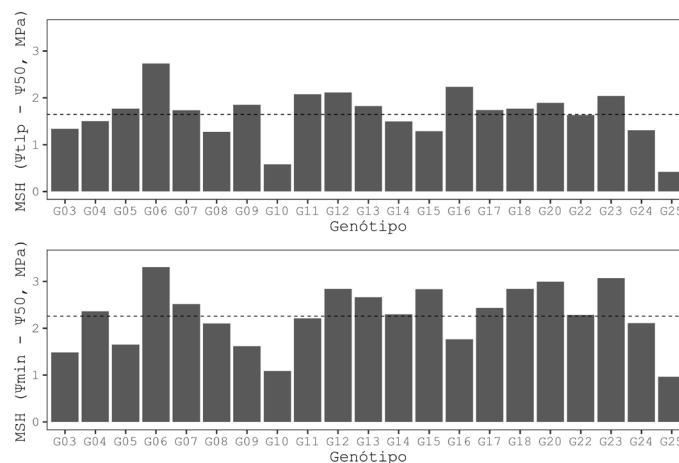
### Análise de Dados

A análise de dados foi realizada pelo software R, versão 4.2.1. Para extrair os parâmetros derivadas de curvas PV, foi utilizado o pacote "pvldcurve". Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F ( $p < 0,05$ ) e, nos casos de significância, foi aplicado o teste Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação de médias.

### Resultados e discussão

Os diferentes genótipos variaram amplamente para as características hidráulicas, o  $\Psi_{tlp}$  médio variou de -1,93 a -2,57 MPa entre os diferentes genótipos, sendo o valor menos negativo foi obtido pelo G16 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*) e o mais negativo para o G23 (*E. pilularis*). Este ponto corresponde mais ou menos ao potencial hídrico no qual os estômatos estão fechando ou fechados.

No trabalho, o valor menos negativo de P50 foi de -2,66 MPa para o G25, e o mais negativo foi obtido o G11, com -4,78 MPa. Em geral, os valores de  $\Psi_{tlp}$  e P50 para os clones de *Eucalyptus* aqui investigados estão dentro da faixa de valores observados para diferentes espécies (Bartlett; Scoffoni; Sack, 2012; Choat et al., 2012). Todos os genótipos estudados apresentaram MSH. Podemos observar que o G23 apresentou a menor margem de segurança hidráulica, sendo que isso se deve por apresentar um valor de P50 menos negativo. A MSH foi determinada de duas maneiras, pela diferença do  $\Psi_{tlp}$  e P50, e a diferença entre o  $\Psi_{min}$  e P50 (Figura 1).



**Figura 1** – Distribuição da margem de segurança hidráulica dos 21 genótipos comerciais de *Eucalyptus*. A linha tracejada em cinza é a média geral.

O  $\Psi_{min}$  resulta das condições ambientais e das diferentes estratégias que permitem às plantas tolerar o estresse hídrico. Como consequência, o HSM baseado em  $\Psi_{min}$  coloca a resistência das



árvores nos contextos do estresse hídrico que elas realmente experimentam no campo (Choat et al., 2012). As propriedades hidráulicas das plantas que descrevem a capacidade do xilema de transportar água sob estresse hídrico do solo são de fundamental importância para entender os impactos da seca no crescimento.

## Conclusões

Os genótipos de *Eucalyptus* apresentam margem de segurança hidráulica, sendo o  $\Psi_{tlp}$  e P50 ótimos preditores da tolerância a seca.

## Referências Bibliográficas

- BARTLETT, M. K.; SCOFFONI, C.; SACK, L. The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: A global meta-analysis. *Ecology Letters*, v. 15, n. 5, p. 393–405, 1 maio 2012.
- CHOAT, B. et al. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature* 2012 491:7426, v. 491, n. 7426, p. 752–755, 21 nov. 2012.
- COCHARD, H. et al. Methods for measuring plant vulnerability to cavitation: A critical review. *Journal of Experimental Botany*, 2013. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/64/15/4779/460888>>. Acesso em: 12 dez. 2022
- GONÇALVES, J. L. DE M. et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management*, v. 301, p. 6–27, 1 ago. 2013.
- JOHNSON, D. M. et al. Leaf hydraulic parameters are more plastic in species that experience a wider range of leaf water potentials. *Functional Ecology*, v. 32, n. 4, p. 894–903, 1 abr. 2018.
- MARTIN-STPAUL, N.; DELZON, S.; COCHARD, H. Plant resistance to drought depends on timely stomatal closure. *Ecology Letters* John Wiley & Sons, Ltd, , 1 nov. 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ele.12851>>. Acesso em: 12 dez. 2022
- PEREIRA, L. et al. Plant pneumatics: Stem air flow is related to embolism - new perspectives on methods in plant hydraulics. *New Phytologist*, v. 211, n. 1, p. 357–370, 1 jul. 2016.
- PEREIRA, L. et al. The Pneumatron: An automated pneumatic apparatus for estimating xylem vulnerability to embolism at high temporal resolution. *Plant Cell and Environment*, v. 43, n. 1, p. 131–142, 1 jan. 2020.
- SUN, S. et al. Drought survival is positively associated with high turgor loss points in temperate perennial grassland species. *Functional Ecology*, v. 34, n. 4, p. 788–798, 1 abr. 2020

