

# TÉCNICA DE RESISTÊNCIA À PERFURAÇÃO NO ACOMPANHAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO

Palavras-Chave: ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS, RESISTÓGRAFO, PYLODIN

Autores/as:

ETTORE GONZALES FERFOGLIA MORI [UNICAMP]

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cinthya Bertoldo Pedroso (Orientadora) [UNICAMP]; Carolina Kravetz [UNICAMP];  
Fernanda Guedes [Sylvamo]

---

## INTRODUÇÃO:

Os plantios de árvores do gênero *Eucalyptus* costumam ter o seu desenvolvimento acompanhado, pois há diversos fatores que podem interferir no crescimento ao longo do tempo. Sendo assim, o modo mais efetivo de acompanhar o crescimento do plantio de eucalipto é através de métodos não destrutivos, porque representam poderoso mecanismo de análise, já que não comprometem o objeto analisado, isto é, não é necessário derrubar o eucalipto para determinar alguns parâmetros, como exemplo a densidade básica (CARRASCO & AZEVEDO, 2003). As vantagens de utilizar tais métodos são o custo inferior com relação aos destrutivos, um tempo menor para coletar os dados e a possibilidade de avaliar muitas amostras (GOUVÊA et al., 2011).

O resistógrafo e o pilodyn são exemplos de equipamentos que podem ser utilizados para avaliar as propriedades da madeira, através de correlações com os resultados obtidos por eles. Gouvêa et al. (2011) mostraram que há uma forte correlação entre a densidade básica da madeira e a resistência à penetração da broca, com uma relação diretamente proporcional. Enquanto para o pilodyn, os mesmos autores concluíram que quanto menor a densidade da madeira, maior é o valor da profundidade de penetração do pino, sendo assim inversamente proporcional.

Deste modo, o projeto tem como objetivo acompanhar o desenvolvimento de árvores de diferentes clones de *Eucalyptus* sp, que são cultivados por uma empresa do setor de papel, utilizando ensaios de resistência à perfuração e à penetração.

## METODOLOGIA:

As áreas escolhidas para o estudo estavam localizadas no estado de São Paulo, nas proximidades da cidade de Mogi Guaçu. Os talhões selecionados possuíam três clones de *Eucalyptus* sp identificados como A, B e C, em três idades distintas (1, 3 e 4 anos), com uma amostragem de 30

árvores para cada clone e idade. Os ensaios de campo foram realizados no período de 12 meses, com repetição dos ensaios a cada 4 meses, as leituras foram identificadas como leitura 1 (maio/21), 2 (agosto/21), 3 (dezembro/21) e 4 (março/22).

Durante as coletas de dados em campo foram realizados ensaios com o Resistógrafo (IML Resi PD Series 500), que tem como objetivo obter a resistência à perfuração, denominada como amplitude, através da realização de medições diametrais em posições perpendiculares a uma altura de 1,30 m do solo, utilizando a metodologia descrita por Isik & Li (2003). Para obtenção da resistência à penetração foram realizados ensaios com o Pilodyn, onde foram feitas duas medições por árvore, uma em relação a face norte e outra em relação a face sul. Após a primeira etapa de coletas (leitura 1), o Pilodyn sofreu alguns danos e precisou passar por manutenção, ficando disponível novamente apenas para os ensaios da leitura 4. Também foi realizada a medição da altura, com auxílio de hipsômetro, e a obtenção do diâmetro na altura do peito (DAP), através da obtenção da circunferência das árvores.

Por fim, os dados coletados em campo foram organizados em planilhas e foram realizados testes de comparação de médias para análise estatística dos dados, utilizando o programa Statgraphics.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram ensaiadas 90 árvores do clone A, sendo 30 árvores para cada uma das idades de 1, 3 e 4 anos, da mesma maneira foram feitos ensaios para os clones B e C. Os dados coletados durante os ensaios de campo foram: DAP, altura, amplitude e profundidade de penetração. Para todos os parâmetros foi realizado o teste de normalidade, e os valores obtidos ficaram dentro do intervalo de -2 a 2, indicando uma distribuição normal dos dados.

Tendo em vista o objetivo do projeto, para cada clone, de cada idade, foi realizado o teste de comparação de médias, considerando os parâmetros obtidos nas árvores, a fim verificar se houve crescimento das mesmas no período de um ano (Tabela 1). Ao analisar os dados de DAP e altura dos três clones nas distintas idades, é possível verificar que, mesmo nos casos em que não houve diferença estatisticamente significativa das médias entre duas leituras consecutivas (identificadas pelas letras diferentes após o valor da média), verifica-se a tendência de crescimento ao longo do período de medições (um ano) (Tabela 1). Essa tendência só não foi constatada para a média da altura na leitura 1 (L1) do Clone A de 3 anos e para a leitura 3 (L3) do Clone C de 4 anos, que apresentaram valores maiores do que as leituras consecutivas (Tabela 1). Como esse fato é fisicamente impossível de ocorrer, a justificativa para o primeiro caso (Clone A – 3 anos) se deve a erro nas medições que ocorreram no mês de maio (L1), quando esse processo foi realizado por empresa terceirizada, contratada pela empresa florestal, para obtenção tanto do diâmetro como da altura das árvores. Já para o segundo caso (Clone C – 4 anos), tal fato se deve a necessidade de seleção de novos indivíduos para compor a amostragem da pesquisa, tendo em vista a quebra de algumas árvores em virtude do vento.

A amplitude pode ser correlacionada com a densidade básica da madeira (LIMA et al., 2006; ISIK & LI, 2003) e, como o valor da densidade da madeira aumenta ao longo do tempo (BRITO et al., 2020), o esperado é que o valor da amplitude também seja crescente. Portanto, os resultados em relação à

amplitude, para os três clones em todas as idades, estão de acordo com a literatura, pois mesmo nos casos em que não foram verificadas diferenças estatísticas entre duas leituras consecutivas, é possível observar a tendência de crescimento por meio do aumento do valor das médias de amplitude com o passar do tempo (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de média, coeficiente de variação (%) e resultado do teste estatístico de comparação de médias realizado para os três clones (A, B e C) de diferentes idades (1, 3 e 4 anos).

| CLONE A                 |                 |                 |                |                |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Parâmetros              | 1 ano           |                 |                |                | 3 anos          |                 |                  |                 | 4 anos          |                 |                 |                 |
|                         | L1              | L2              | L3             | L4             | L1              | L2              | L3               | L4              | L1              | L2              | L3              | L4              |
| DAP (cm)                | 4,9a<br>(8,2)   | 5,9b<br>(7,9)   | 7,1c<br>(6,1)  | 8,3d<br>(6,2)  | 11,2a<br>(7,2)  | 11,4a<br>(6,9)  | 11,6ab<br>(7,3)  | 12,0b<br>(6,8)  | 12,2a<br>(10,2) | 12,4a<br>(8,9)  | 13,2b<br>(9,3)  | 13,3b<br>(10,1) |
| Altura (m)              | 4,8a<br>(6,6)   | 5,3b<br>(6,6)   | 6,6c<br>(5,3)  | 9,5d<br>(4,6)  | 17,6a<br>(2,0)  | 16,0b<br>(2,0)  | 16,0b<br>(2,5)   | 17,6a<br>(3,5)  | 18,7a<br>(2,6)  | 19,3b<br>(3,4)  | 19,9c<br>(2,7)  | 20,5d<br>(3,3)  |
| Amplitude (%)           | 16,3a<br>(10,6) | 21,3b<br>(13,1) | 23,5c<br>(8,4) | 25,7d<br>(8,0) | 21,67a<br>(8,4) | 24,9b<br>(11,2) | 23,9b<br>(11,0)  | 28,0c<br>(8,1)  | 28,8a<br>(8,2)  | 28,8a<br>(6,6)  | 28,7a<br>(9,4)  | 30,4b<br>(7,8)  |
| Profun. Penetração (mm) | 1,4a<br>(3,5)   | -               | -              | 1,5b<br>(4,8)  | 1,6b<br>(4,7)   | -               | -                | 1,4a<br>(5,1)   | 1,7b<br>(5,2)   | -               | -               | 1,3a<br>(4,5)   |
| CLONE B                 |                 |                 |                |                |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| DAP (cm)                | 4,9a<br>(9,0)   | 5,6b<br>(8,7)   | 6,8c<br>(7,3)  | 8,3d<br>(7,6)  | 13,0a<br>(14,2) | 13,2a<br>(14,8) | 13,4a<br>(14,9)  | 13,6a<br>(15,4) | 12,5ab<br>(9,7) | 12,1a<br>(8,6)  | 12,4ab<br>(8,4) | 12,8b<br>(8,7)  |
| Altura (m)              | 5,5a<br>(6,6)   | 5,9b<br>(7,0)   | 6,9c<br>(5,5)  | 10,8d<br>(3,6) | 21,3a<br>(5,9)  | 21,8ac<br>(4,9) | 23,0b<br>(1,8)   | 22,3c<br>(6,6)  | 19,3a<br>(2,4)  | 19,9b<br>(2,2)  | 20,7c<br>(2,4)  | 20,8c<br>(2,0)  |
| Amplitude (%)           | 6,6a<br>(11,2)  | 6,3a<br>(10,3)  | 9,8b<br>(10,0) | 22,2c<br>(8,5) | 21,0a<br>(20,7) | 20,7a<br>(22,6) | 22,7a<br>(17,0)  | 25,4b<br>(9,1)  | 16,8a<br>(14,4) | 18,7b<br>(11,3) | 22,2c<br>(11,2) | 23,8d<br>(7,0)  |
| Profun. Penetração (mm) | 1,5a<br>(10,0)  | -               | -              | 1,6b<br>(3,3)  | 1,8b<br>(3,6)   | -               | -                | 1,4a<br>(3,7)   | 1,8b<br>(2,5)   | -               | -               | 1,6a<br>(2,4)   |
| CLONE C                 |                 |                 |                |                |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                 |                 |
| DAP (cm)                | 6,9a<br>(8,1)   | 8,2b<br>(5,6)   | 9,7c<br>(4,0)  | 11,2d<br>(5,3) | 13,1a<br>(11,3) | 12,9a<br>(12,2) | 13,5ab<br>(11,1) | 14,0b<br>(12,1) | 13,9a<br>(8,6)  | 14,1a<br>(9,0)  | 14,5ab<br>(9,1) | 14,8b<br>(9,3)  |
| Altura (m)              | 7,7a<br>(4,3)   | 8,2b<br>(4,2)   | 10,2c<br>(3,0) | 12,2d<br>(5,3) | 18,3a<br>(5,1)  | 19,2b<br>(6,2)  | 19,0b<br>(4,3)   | 20,7c<br>(5,9)  | 20,6a<br>(3,1)  | 20,8a<br>(2,6)  | 21,4b<br>(3,3)  | 20,9a<br>(3,3)  |
| Amplitude (%)           | 6,7a<br>(15,7)  | 8,9b<br>(11,6)  | 12,8c<br>(8,2) | 17,0d<br>(9,1) | 13,0a<br>(13,4) | 15,0b<br>(14,7) | 17,4c<br>(14,5)  | 18,4c<br>(7,7)  | 14,2a<br>(18,5) | 17,0b<br>(10,8) | 19,0c<br>(9,0)  | 19,0c<br>(6,7)  |
| Profun. Penetração (mm) | 2,3a<br>(4,5)   | -               | -              | 2,2a<br>(2,1)  | 2,2b<br>(4,4)   | -               | -                | 2,0a<br>(5,8)   | 2,2b<br>(4,0)   | -               | -               | 1,9a<br>(5,6)   |

\*letras iguais entre as leituras representam que não houve diferença estatística significativa, enquanto letras diferentes representam diferença estatística significativa.

Já com relação à profundidade de penetração, com exceção do Clone C de 1 ano, a leitura realizada no mês de maio de 2021 se diferenciou estatisticamente da leitura realizada no mês março de 2022, contudo as árvores de 1 ano, para os três clones, não seguiram o padrão esperado, isto é, quanto mais densa é a madeira, menor o valor de penetração (GOUVÊA et al., 2011), desta forma, ao longo das leituras o valor obtido deveria ser menor considerando um aumento gradativo na densidade básica dos eucaliptos ao longo do crescimento (Tabela 1). Para as demais idades, todos os clones estudados apresentaram o padrão de crescimento esperado, com menores valores para a média da última leitura (L4), evidenciando o crescimento das árvores no período considerado (Tabela 1).

De forma geral, o que pode ser observado é que para alguns dos parâmetros de crescimento das árvores (DAP, altura e amplitude), para determinada idade dos clones (3 e 4 anos), o crescimento dos indivíduos só foi significativo após o período de chuvas da região, caracterizado pelas leituras 3 e 4.

De acordo com Castro (2014) a precipitação é a principal variável climática que influencia no crescimento do eucalipto, e isto pode ser notado neste clone, já que esta região possui as chuvas concentradas nos meses de verão.

## CONCLUSÕES:

A partir deste trabalho foi possível concluir que é possível acompanhar o desenvolvimento de clones de eucalipto através do ensaio de resistência à perfuração. Em relação as medições de DAP, altura e amplitude nos indivíduos de 1 ano, foi possível observar o crescimento das árvores em todos os períodos de leituras, todavia nos indivíduos de 3 e 4 anos o crescimento foi mais expressivo posteriormente aos períodos de chuva, correspondente as últimas leituras. Já com relação a profundidade de penetração, foi observado que apenas os indivíduos de 1 ano não seguiram o padrão esperado.

## BIBLIOGRAFIA

- BRITO, A. S.; SILVA, J. G. M.da; VIDAURRE, G. B.; TRUGILHO, P.F. Influência da idade nas propriedades da madeira de eucalipto. *In: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M. da; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. de C. O. (org) Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil*. Vitória, ES. EDUFES. 2020. p.101-131.
- CARRASCO, E. V. M.; AZEVEDO, A. P. J. Avaliação não destrutiva de propriedades mecânicas de madeiras através de ultra-som – Fundamentos físicos e resultados experimentais. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 178-191, 2003.
- CASTRO, V. R. de. **Efeitos do potássio, sódio e da disponibilidade hídrica no crescimento e qualidade do lenho de árvores de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo. 2014.
- GOUVÊA, A.de G.; TRUGILHO, P.F.; GOMIDE, J.L.; SILVA, J.R.M.da.; ANDRADE, C.R.; ALVES, I.C.N. Determinação da densidade básica da madeira de eucalyptus por diferentes métodos não destrutivos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, p. 349-358. 2011.
- ISIK, F. and LI, B. L. Rapid assessment of wood density of live trees using the Resistograph for selection in tree improvement programs. **Canadian Journal of Forest Research**, 33(12), 2426-2435. 2003.
- LIMA, J.T.; HEIN, P.R.G.; TRUGILHO, P.F. SILVA, J. R. M. da. Adequação do resistograph para a estimativa da densidade básica da madeira de Eucalyptus. **Madeira: Arquitetura e Engenharia**, v. 7, n. 18. 2006.