

AValiação DO DESENVOLVIMENTO DE CLONES DE EUCALYPTUS EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDaFOCLIMÁTICAS, UTILIZANDO ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Carolina Kravetz¹; Cinthya Bertoldo^{1 *}; Rafael Mansini Lorensani²; Fernanda Trislitz Perassolo Guedes³

¹ Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas/SP, Brasil.

² Valora Madeira Ltda, Campinas/SP, Brasil.

³ Sylvamo do Brasil, Mogi Guaçu/SP, Brasil.

* e-mail do autor correspondente: cinthyab@unicamp.br

Resumo: Este trabalho teve como objetivo o acompanhamento do desenvolvimento de clones de *Eucalyptus* produzidos em duas regiões com diferentes condições edafoclimáticas, a partir de ensaios não destrutivos. Para isso, foram selecionados três clones, com 4 anos de idade, e foram realizados ensaios de ultrassom, assim como medições de altura e diâmetro à altura do peito (DAP), em quatro momentos durante o período de 12 meses. Como resultado, foi observado um crescimento primário (altura) e secundário (DAP) das árvores ao longo do ano. As velocidades de ultrassom foram afetadas com maior intensidade aos períodos de seca e de maior disponibilidade hídrica. Por fim, verificou-se que as diferentes condições edafoclimáticas presentes nas duas regiões de cultivo dos clones influenciaram nos seus crescimentos, tanto primário quanto secundário.

Palavras-chave: DAP; Altura; Ultrassom

EVALUATION OF THE GROWTH OF EUCALYPTUS CLONES IN DIFFERENT EDAPHOCLIMATIC CONDITIONS USING NON-DESTRUCTIVE TESTS

Abstract: This work had the objective to monitor the development of *Eucalyptus* clones produced in two regions of different edaphoclimatic conditions, based on non-destructive tests. For this, three clones were selected, with 4 years of age, and ultrasound tests were performed, as well as measurements of height and diameter at breast height (DBH), in four moments during the period of 12 months. As a result, primary (height) and secondary (DBH) growth of trees was observed throughout the year. Ultrasound velocities were affected with greater intensity during dry periods and with higher water availability. Finally, it was found that the different edaphoclimatic conditions present in the two regions of cultivation of clones influenced their growth, both primary and secondary.

Keywords: DBH; Height; Ultrasound.

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas com diversas espécies de *Eucalyptus* sp comprovaram a interferência das condições edafoclimáticas em características ligadas a qualidade da madeira, através do uso de análises destrutivas. Diferentes variações ambientais, como temperatura e precipitação causam influências significativas no incremento médio anual e na densidade básica de árvores [1; 2]. Desta forma, acompanhar o desenvolvimento dos plantios com foco na qualidade da madeira é essencial para que a indústria obtenha resultados satisfatórios de seus produtos finais.

No entanto, existe a necessidade de acompanhar e antecipar o conhecimento da qualidade do plantio de forma mais eficiente e, por isso, o setor florestal precisa de métodos mais ágeis, que permitam tomada de decisão e ações rápidas visando manter o desenvolvimento previsto. A utilização de métodos não destrutivos já foi testada por vários autores para a predição das características e da qualidade da madeira, obtendo resultados satisfatórios inclusive através da realização de ensaios de propagação de ondas [3; 4; 5], sendo uma alternativa para otimizar custos, pois facilita a classificação e o acompanhamento, por qualidade, em cada fase da cadeia florestal.

Tendo em vista o que foi apresentado, esse trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento de três clones de *Eucalyptus* sp, a partir de ensaios não destrutivos em árvores plantadas em duas regiões com diferentes condições edafoclimáticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução do projeto foram selecionadas áreas pertencentes à empresa parceira produtora de papel, com plantios de três clones do gênero *Eucalyptus* sp (A, B e C), cultivados em duas regiões (R1 e R2) com condições edafoclimáticas distintas. Para cada um dos clones de idade de 4 anos, foram selecionados 30 indivíduos, os quais tiveram seu desenvolvimento acompanhado pelo período de 12 meses, com repetição dos ensaios a cada 4 meses, sendo as leituras identificadas como leituras 1 (maio/21), 2 (agosto/21), 3 (dezembro/21) e 4 (março/22).

A região 1 situa-se próxima à cidade de Mogi Guaçu, no interior do Estado de São Paulo, segundo a classificação de Köppen, o clima é subtropical úmido com inverno seco e verão quente (Cwa), onde a pluviosidade é significativa ao longo do ano, apresentando um período chuvoso de novembro a março, e seco de junho a agosto. O tipo de solo predominante é o latossolo. Já a região 2 encontra-se próxima a cidade de Tambaú, segundo Köppen o clima dessa região é subtropical úmido com inverno seco e verão temperado (Cwb), apresentando período chuvoso de dezembro a fevereiro, e a estação seca varia de maio a setembro. O tipo de solo predominante é arenoso.

Para a obtenção da velocidade de propagação de ondas nas árvores foi realizado ensaio com

equipamento de ultrassom (USLab, Agricef, Brasil) e transdutores de faces exponenciais de 45 kHz de frequência. Os ensaios de ultrassom nas árvores foram realizados de forma indireta (Figura 1a) e de forma direta (Figura 1b). A medição da altura das árvores foi realizada por meio de hipsômetro (Vertex IV, Haglölf, Switzerland) e o acompanhamento do ganho em diâmetro das árvores ao longo do seu desenvolvimento, através da fita métrica na altura de 1,30 m do solo.



Figura 1. (a) Ensaio de ultrassom com medições indiretas (transdutores posicionados na mesma face) e (b) ensaio de ultrassom com medição direta (transdutores em faces opostas) na direção radial.

Os dados obtidos durante o acompanhamento do desenvolvimento das árvores foram avaliados estatisticamente para verificar a normalidade, assim como foram feitos testes de comparação de médias (Multiple Range Test), com 95% de nível de confiança, para avaliar se houveram diferenças entre as leituras realizadas ao longo do ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para teste de normalidade dos parâmetros, todos os valores obtidos ficaram dentro do intervalo de -2 a 2, indicando uma distribuição normal dos dados.

Ao avaliar o crescimento secundário (diâmetro), este foi significativo para os clones A e B na região 1 e clones A e C na região 2 quando comparado o período mais seco e frio (L1 e L2), com o período mais chuvoso e quente (L3 e L4), ou seja, o período sem restrição de água e com temperatura mais elevada, favoreceu o crescimento em diâmetro das árvores (Tabela 1).

Com relação ao crescimento primário (altura), os clones tiveram comportamento diferente nas regiões. Na região 1, o clone A apresentou crescimento significativo durante todo o período; o clone B apresentou tendência de crescimento, porém teve um crescimento mais expressivo entre os períodos mais secos (L1 e L2) do que o período mais chuvoso (L3 e L4); o clone C apresentou diferença estatística apenas na leitura 3, sendo esta maior do que as demais, provavelmente devido à ventos intensos que afetaram as medições neste dia (Tabela 1). Já na região 2, todos os clones tiveram um crescimento mais expressivo no período mais chuvoso e quente (L3 e L4) (Tabela 1).

Em relação às velocidades ultrassônicas, tanto a longitudinal como a radial, para a região 1, o período da realização da leitura 1 (L1), apesar de apresentar baixo índice de precipitação, vem

logo na sequência do fim do período chuvoso, o que fez com que as árvores ainda apresentassem grande reserva de água livre, o que explica os menores valores de velocidade para essa medição (Tabela 1). A mesma justificativa vale para a leitura 4 (L4), quando os ensaios ocorreram após alguns meses de elevada precipitação. As velocidades apresentaram valores mais elevados nos meses de agosto (L2) e dezembro (L3) (Tabela 1). A leitura 2 foi realizada após um período de alguns meses de baixa disponibilidade hídrica, diminuindo, conseqüentemente, a quantidade de água livre na madeira, justificando os maiores valores para as velocidades. Já para a leitura 3, apesar de ter sido realizada em um mês de maior índice pluviométrico, a quantidade de água disponível no solo ainda não teve tempo suficiente para ser absorvida pela madeira, mantendo assim, velocidade com valores inferiores, mas muito semelhante, ao período de baixa disponibilidade hídrica. Estudos realizados com espécies do gênero *Eucalyptus* concluem que a velocidade ultrassônica diminui com o aumento do teor de umidade, principalmente acima do ponto de saturação das fibras (PSF) [6;7].

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) nas duas regiões (R1 e R2)

REGIÃO 1												
Parâmetros	CLONE A				CLONE B				CLONE C			
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
DAP (cm)	12,2a (10,3)	12,4a (8,9)	13,1b (9,3)	13,3b (10,1)	12,5ab (7,6)	12,2a (7,7)	12,6ab (6,7)	12,9b (7,6)	13,9a (8,6)	14,0a (9,0)	14,5a (9,1)	14,7a (9,3)
Altura (m)	18,6a (2,6)	19,3b (3,4)	19,9c (2,8)	20,5d (3,3)	19,3a (2,1)	19,9b (2,2)	20,7c (2,4)	20,8c (2,0)	20,6a (2,6)	20,7a (2,2)	21,4b (3,3)	20,8a (3,3)
Veloc. Long. (m/s)	4933,9 a (5,1)	4938,1 b (6,5)	5123,7 b (5,4)	5139,1 a (6,5)	5025,6 a (6,0)	5217,3 b (7,6)	5072,7b c (5,1)	4637,6 c (6,0)	4669,7 a (5,6)	4690,3 a (6,4)	4487,5 b (5,6)	4268,8 c (5,2)
Veloc. Radial (m/s)	2017,3 a (3,4)	2213,6 b (3,4)	2197,1 b (7,0)	2063,3 a (5,3)	1882,9 a (3,8)	2091,8 b (4,0)	1954,4c (6,0)	1693,9 d (6,5)	1822,3 a (8,0)	1797,9 a (7,6)	1761,5 a (7,7)	1611,3 b (7,6)
REGIÃO 2												
DAP (cm)	11,6a (8,6)	11,7a (8,7)	12,1a (8,5)	12,7b (8,1)	11,3a (14,6)	11,3a (14,8)	11,6a (15,1)	12,1a (16,8)	13,2a (8,3)	13,6ab (10,4)	14,0ab (10,6)	14,5b (7,7)
Altura (m)	16,0a (3,4)	15,8a (3,7)	16,3b (2,6)	18,3c (2,5)	17,1a (5,2)	16,9a (5,7)	17,8b (6,7)	19,3c (6,1)	21,3a (3,3)	20,4b (3,9)	21,1a (4,1)	22,1c (3,6)
Veloc. Longitudinal (m/s)	5433,2 a (9,6)	4972,1 b (8,9)	4539,3 c (7,2)	4796,7 b (9,5)	5576,0 a (5,5)	5398,6 a (7,6)	5086,4b (8,3)	4808,7 c (6,2)	4712,8 a (4,7)	5142,2 b (4,0)	4765,0 a (4,6)	4473,0 d (3,2)
Veloc. Radial (m/s)	2111,1 a (8,8)	1850,0 b (5,3)	1901,6 b (6,1)	1830,4 b (7,1)	2066,8 a (6,8)	2086,7 a (7,0)	2054,3a (5,6)	1750,1 b (6,0)	1698,0 a (2,3)	1757,1 b (3,7)	1602,7 c (9,1)	1629,5 c (4,6)

*letras iguais entre as leituras representam que não houve diferença estatística significativa a um nível de confiança de 95%, enquanto letras diferentes representam diferença estatística significativa

Já na região 2, nota-se que os maiores valores das velocidades ultrassônicas (longitudinal e radial), são apresentados na leitura 1 (maio) que, provavelmente, devido ao tipo de solo (arenoso) a drenagem da água ocorre com mais rapidez, diminuindo a disponibilidade hídrica mais rapidamente quando cessa o período de chuvas. Dessa forma, a umidade da madeira já apresenta menores valores logo que se inicia o período de restrição hídrica. No entanto, para o clone C os valores de

velocidades refletiram mais intensamente os períodos prolongados de restrição hídrica (L2) e de elevada disponibilidade de água (L4), apresentando os maiores e menores valores para a velocidade nesses dois momentos, respectivamente (Tabela 1).

4. CONCLUSÕES

Na maior parte dos casos, os crescimentos primário e secundário apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as leituras e, mesmo nos casos em que isso não foi verificado, notou-se a tendência de crescimento das árvores ao longo do ano de medições.

Para as velocidades longitudinais e radiais foi observado que a variação da quantidade de umidade da madeira/árvore, decorrente dos períodos de grande e baixa disponibilidade hídrica no solo, foi mais significativa para a variação de velocidade do que o seu crescimento, apresentando maiores valores de velocidade na leitura após longo período de seca (L2) e baixos valores para as velocidades após o período de chuvas (L4).

Conhecendo o tipo de solo e clima de cada uma das duas regiões (Mogi Guaçu e Tambaú), é possível concluir que essas condições edafoclimáticas interferem no crescimento de clones de Eucalipto, sendo que a Região 1 (R1) apresenta condições mais favoráveis ao crescimento tanto primário (altura) como secundário (DAP) das árvores.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Costa, S.E. de L.; Santos, R.C. do; Vidaurre, G.B.; Castro, R.V.O.; Rocha, S.M.G.; Carneiro, R.L.; Campoe, O.C.; Santos, C.P.deS.; Gomes, I.R.F.; Carvalho, N.F.deO.; Trugilho, P.F.. The effects of contrasting environments on the basic density and mean annual increment of wood from eucalyptus clones. *Forest Ecology and Management*. 2019; 458.
- [2] Rocha, S.M.G; Vidaurre, G.B.; Pezzopane, J.E.M.; Almeida, M.N.F.; Carneiro, R.L.; Campoe, O.C.; Scolforo, H.F.; Alvares, C.A.A.; Neves, J.C.L.; Xavier, A.C.; Figura, M.A. Influence of climatic variations on production, biomass and density of wood in eucalyptus clones of different species. *Forest Ecology and Management*. 2020; 473.
- [3] Gonçalves, R.; Batista, F.; Lorensani, R. M. Selecting Eucalyptus Clones Using Ultrasound Test on Standing Trees. *Forest Products Journal*. 2013; v. 63; p. 112-118.
- [4] Bertoldo, C. Propriedades de Resistência e de Rigidez da madeira obtidas a partir da avaliação acústica na árvore. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.
- [5] Lorensani, R. G. M. Antecipação do conhecimento de propriedades da madeira utilizando ensaios em mudas. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.
- [6] Calegari, L.; Gatto, D. A.; Stangerlin, D. M. Influence of moisture content, specific gravity and specimen geometry on the ultrasonic pulse velocity in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden wood. *Ciência da Madeira*. 2011; v. 02; n. 02; p. 64-74.

- [7] Oliveira, F. G. R. de & Sales, A. Efeito da densidade e do teor de umidade na velocidade ultra-sônica da madeira. Pesquisa e Tecnologia Minerva. 2003; 2(1); p. 25-31.