

## Proposição de nova escala em fita diamétrica para avaliar o crescimento de árvores de *Eucalyptus* sp. em sistema de integração

ILARIO, A. R.<sup>1</sup>; SANTOS, E. L.<sup>2</sup>; CYRINO, T. C.<sup>2</sup>; VENDRAME, R.<sup>3</sup>; DEBIASI, H.<sup>4</sup>; BALBINOT JUNIOR, A. A.<sup>4</sup>; FRANCHINI, J. C.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UniFil-Centro Universitário Filadélfia, Londrina, PR; angelorafael.88@hotmail.com; <sup>2</sup>FAG-Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, PR; <sup>3</sup>UEM-Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha, PR; <sup>4</sup>Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

### Introdução

A integração lavoura-pecuária floresta abrange sistemas produtivos diversificados de origem animal e vegetal, em uma mesma área, com o objetivo de otimizar os ciclos biológicos das plantas, animais, insumos e seus respectivos resíduos (Balbino et al., 2011). A estratégia de iLPF contempla quatro modalidades: sistema de integração de lavoura-pecuária-floresta (iLPF), integração de lavoura-pecuária (iLP), sistema de integração de lavoura-floresta (iLF) e integração de pecuária-floresta (iPF). A técnica se baseia na consorciação, sucessão ou rotação dos componentes envolvidos. Dessa forma, o sistema tende a se contrapor aos modelos atuais de monocultura, gerando benefícios ambientais e econômicos nas propriedades que o adotam (Flores et al., 2010). O interesse, nesse modelo de exploração, apoia-se nos benefícios que podem ser auferidos pelo sinergismo entre diferentes componentes do sistema, como: melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; quebra de ciclo de doenças e redução de insetos-pragas e de plantas daninhas; redução de riscos econômicos pela diversificação de atividades; e redução de custo na recuperação e na renovação de pastagens em processo de degradação (Kluthcouki; Stone, 2003).

Entre as espécies arbóreas mais utilizadas na iLPF destacam-se as do gênero *Eucalyptus* sp., que corresponde a 60,7% da área total reflorestada, ficando entre as mais extensas do território brasileiro. O *Eucalyptus* despertou interesse dos produtores por sua versatilidade, em possuir rápido crescimento e excelente qualidade da madeira. Cultivado em sistemas integrados pode ser direcionado a diversos usos, porém o uso comercial, como madeira para serraria, é o que mais tem sido procurado pelos produtores, em razão do maior retorno financeiro (Oliveira et. al., 2015). Para esse objetivo, os espa-

çamentos utilizados são mais amplos, com interferência na forma do fuste, o que está diretamente ligado ao rendimento na conversão em madeira serrada de árvores de eucalipto (Nogueira et al., 2008).

Devido ao tempo para retirada da madeira ser relativamente longo, levantamentos para avaliar o crescimento das árvores tornam-se uma importante ferramenta para subsidiar o planejamento e a adoção desses sistemas, assim como avaliar a sua viabilidade. A mensuração sistemática do crescimento das árvores fornece subsídios fundamentais para a tomada de decisão no planejamento do desbaste, levando em consideração o ritmo de crescimento tanto em diâmetro como em altura. Entre as variáveis dendrométricas, a altura das árvores é fundamental para a estimativa do volume de madeira em povoamentos florestais. No entanto, a determinação de altura através de instrumentos é um procedimento que demanda tempo, recursos financeiros e que está sujeita a erros (Souza et al., 2016). A utilização de relações hipsométricas pode ser uma importante ferramenta para tornar as atividades dos inventários florestais mais econômicas e precisas, pois permitem estimar a altura das árvores por meio do diâmetro, que é uma variável de fácil obtenção (Manfredi et al., 2013).

Atualmente, existem disponíveis no mercado dendrômetros automatizados (Herrmann et al., 2016), capazes de determinar o volume das árvores, porém dependendo do tamanho da área implantada, o investimento na aquisição do equipamento pode não se justificar. Nesses casos, as fitas diamétricas podem ser alternativas para estimar tais medidas. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar modelos hipsométricos que possam ser utilizados como escalas na confecção de fita diamétrica para estimar o crescimento de árvores de *Eucalyptus* sp. em sistema de integração.

## Material e Métodos

Os dados analisados neste trabalho foram coletados na Fazenda Maravilha, unidade de referência tecnológica (URT) da Embrapa Soja em iLPF, localizada no distrito de Maravilha, no município de Londrina, PR. A modalidade de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta foi implantada em novembro de 2010, com renque simples de *Eucalyptus grandis* plantado à jusante da crista dos terraços de base larga já existentes na área, com espaçamento de 3 m entre

plantas A área ocupada pelo sistema é de 5,72 ha, englobando assim quatro renques que percorrem as faces Leste, Norte e Oeste com comprimento aproximado de 825 m, totalizando 1100 árvores plantadas. Os renques são intercalados por faixas com largura variando de 20 a 50 m conforme o relevo. As faixas foram manejadas com culturas anuais (soja e milho) nos primeiros três anos. Após esse período, a área integrada foi dividida em duas, sendo a vertente Norte/Leste ocupada por culturas anuais e a vertente Norte/Oeste ocupada por pastagem.

Os dados foram obtidos através da medição de 40% das árvores, sendo mensurada a circunferência com casca a 1,3 m de altura (CAP) com auxílio de fita métrica, e a altura total (Ht) com clinômetro digital da marca Haglöf. A determinação de Ht e CAP foi realizada aos 22, 28, 43, 56 e 67 meses após a implantação.

Foram testados três modelos hipsométricos conforme Müller et al. (2014), sendo os ajustes calculados no software Excel®. A partir dos dados das variáveis CAP e Ht, foi calculado o volume de madeira (m<sup>3</sup>). A partir dos dados mensurados e calculados foram ajustadas equações hipsométricas referentes aos seguintes modelos:

- 1)  $m^3$  ou  $Ht = e^{\beta_0 + \beta_1 CAP^{-1}}$  (Exponencial)
- 2)  $m^3$  ou  $Ht = e^{\beta_0 + \beta_1 \ln CAP}$  (Potência)
- 3)  $m^3$  ou  $Ht = \beta_0 + \beta_1 CAP$  (Polinômio)

## Resultados e Discussão

Os parâmetros das equações ajustadas para estimar Ht e volume de madeira das árvores de *Eucalyptus grandis* estão apresentados na Tabela 1. Nas equações ajustadas para estimar a Ht, o R<sup>2</sup> variou de 0,90 a 0,84, enquanto que nos modelos para estimar a cubagem, a variação foi entre 0,94 a 0,99. Considerando o critério de maior R<sup>2</sup>, o modelo que obteve o melhor desempenho ao se estimar tanto a Ht quanto a cubagem da madeira de *Eucalyptus grandis* em sistema de integração foi a equação hipsométrica (2) (Potência). Os menores valores de R<sup>2</sup> foram obtidos pela equação (3) (Polinômio). Souza

et al. (2016), estudando diâmetro na altura do peito (DAP) em modelos hip-sométricos para estimativa da altura de eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, encontraram modelos acurados para estimar a altura de eucalipto aos 4 anos de idade com  $R^2$  de 0,86.

**Tabela 1.** Parâmetros estatísticos das equações ajustadas para estimação de altura e cubagem de árvores de *Eucalyptus grandis*, cultivadas em sistema de integração. Londrina, PR. 2018.

Equação	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_3$	$R^2$
<b>Equações ajustadas para estimar altura</b>				
Exponencial	4,9493	0,0181	-	0,89
Potência	0,1784	1,0945	-	0,90
Polinômio	0,0002	0,2756	-1,2797	0,84
<b>Equações ajustadas para estimar volume de madeira</b>				
Exponencial	0,0057	0,0508	-	0,97
Potência	0,0000005	3,0945	-	0,99
Polinômio	0,0001	-0,009	0,1622	0,94

O que pode explicar a equação (2) ter resultado no  $R^2$  mais elevado é o fato das medições terem sido realizadas no período em que as plantas apresentavam crescimento em altura. Segundo Machado et al. (2011), a altura tende a se estabilizar e homogeneizar com o passar da idade, independentemente da distribuição diamétrica das árvores.

A partir da equação escolhida (2), foi possível calcular a altura e cubagem de árvores através do CAP amostrado (Figura 1). Diante destes resultados, uma fita diamétrica poderá ser confeccionada, facilitando o trabalho no campo e a estimativa de produtividade. A fita deverá ser ajustada ao fuste a 1,3 m de altura para determinar o CAP, e simultaneamente serão encontrados os valores de Ht e volume de madeira.

CAP (cm) amostrado	
0.....	15,0.....30,0.....45,0.....50,0.....
Altura (m) calculada	
0.....	3,46.....7,38.....11,50.....12,91.....
Volume de madeira (m <sup>3</sup> ) calculado	
0.....	0,0022.....0,019.....0,065.....0,093.....

**Figura 1.** Design básico para a confecção de uma fita diamétrica para avaliar a altura e o volume de madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado em sistema de integração. Londrina, PR. 2018.

## Conclusão

O modelo hipsométrico Potência foi o mais acurado para estimar a altura das árvores e volume de madeira de *Eucalyptus grandis*, sendo esse modelo sugerido como escala na confecção de fita diamétrica para avaliação de árvores de *Eucalyptus grandis* em sistema de integração.

## Referências

- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011. 130 p.
- FLORES, C. A.; RIBASKI, J.; MATTE, V. L. **Sistema agrossilvipastoril na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul**. 2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/870878/1/SistemaagrossilvipastorilnaregiaoosudoestedoestadodoRioGrandedoSul.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- HERRMANN, V.; MCMAHON, S. M.; DETTO, M.; LUTZ, J. A.; DAVIES, S. J.; CHANG-YANG, C. H.; ANDERSON-TEIXEIRA, K. J. Tree circumference dynamics in four forests characterized using automated dendrometer bands. **PloS one**, São Francisco, v. 11, e0169020, 2016.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 499-522.
- MACHADO, S.A.; BARROS, D.A.; SCOLFORO, J. R.; ACERBI JÚNIOR, F.W. The effects of successive thinning on the hypsometric function for *Pinus oocarpa* stands. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n.2, p. 397-406, 2011.
- MANFREDI, C. ALVES, T.F.; BARRETO, P.A.B. Modelos hipsométricos para *Genipa americana* L. em plantio homogêneo no município de Vitória da Conquista, Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1495-1502, 2013.

MÜLLER, M. D.; BRIGHENTI, A. M.; ROCHA, W. S. D. da; MARTINS, C. E.; PACIULLO, D. S. C. Relações hipsométricas para eucalipto estabelecido em monocultivo e sistema silvipastoril. In: CONGRESSO FLORESTAL NO CERRADO; SIMPOSIO SOBRE EUCALIPTOCULTURA, 3., 2013, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG/Win Eventos, 2013. p. 448-449

NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; REIS, G. G.; MOREIRA, A. M. Influência do espaçamento inicial sobre a forma do fuste de árvores de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 855 - 860, 2008.

OLIVEIRA, F. L. R. CABACINHA, C. D.; SANTOS, L.D.T.; BARROSO, D. G.; JÚNIOR, A. S.; BRANT, M.C.; SAMPAIO, R.A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 227-233, 2015.

SOUZA, R. R. NOGUEIRA, G.S.; JÚNIOR, L.S.M.; OLIVEIRA, M.L.R.; ABRAHÃO, C.P.; LEITE, H.G. Forma de fuste de árvores de eucalipto em plantios adensados. **Scientia Forestalis**, v. 44, p. 19-40, 2016.