

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS - *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Marcelo Pereira Leite Filho

**METANÁLISE DO EFEITO DA PRECIPITAÇÃO NA PRODUTIVIDADE
POTENCIAL DE EUCALIPTAIS NO BRASIL**

São João Evangelista

2024

MARCELO PEREIRA LEITE FILHO

**METANÁLISE DO EFEITO DA PRECIPITAÇÃO NA PRODUTIVIDADE
POTENCIAL DE EUCALIPTAIS NO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Florestal do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Bruno Oliveira Lafetá.

São João Evangelista

2024

L533m Leite Filho, Marcelo Pereira.
Metanálise do efeito da precipitação na produtividade potencial de eucalipais no Brasil/ Marcelo Pereira Leite Filho – 2024.
13f.: il.

Orientador: Dr. Bruno Oliveira Lafetá.
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2024.

1. Água. 2. Madeira. 3. Meta-regressão. I. Leite Filho, Marcelo Pereira. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 634.97342

Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/003372/P

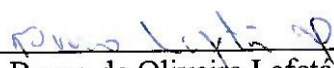
MARCELO PEREIRA LEITE FILHO

**METANÁLISE DO EFEITO DA PRECIPITAÇÃO NA PRODUTIVIDADE
POTENCIAL DE EUCALIPTAIS NO BRASIL**

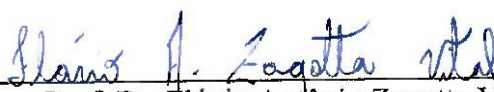
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovada em 19/09/2024


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Bruno de Oliveira Lafeta (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista



Prof. Dr. Flávio Antônio Zagotta Vital
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista



Prof.^a Dr.^a Caroline Junqueira Sartori
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista

RESUMO

Investigações científicas sobre a modelagem de potencial produtivo lenhoso fornecem subsídios para o mapeamento e gerenciamento de plantios florestais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes modelos não lineares de meta-regressão para a estimativa da produtividade potencial de eucaliptais em função da precipitação média anual. Os dados secundários foram provenientes de 110 municípios brasileiros. Foram testados três modelos para a análise de meta-regressão (Richards, Gompertz e Logístico). As equações provenientes dos modelos de Richards e Logístico exibiram os menores valores da raiz quadrada do erro médio e AIC, respectivamente. O ajuste do modelo Logístico mostrou-se uma alternativa eficiente para a análise de tendência do efeito da precipitação média anual na produtividade potencial de eucalipto aos 6 anos de idade. Essa produtividade foi assintoticamente maior em municípios mais chuvosos. Precipitações médias anuais inferiores a 742 mm podem comprometer acentuadamente a produtividade em povoamentos de eucalipto.

Palavras-Chave: Água. Madeira. Meta-regressão. Variável climática.

ABSTRACT

Scientific investigations on the potential productivity modeling of wood provide support for mapping and management of forest resources. This work aimed to evaluate different nonlinear meta-regression models for estimating potential productivity of eucalypt plantations based on average annual precipitation. Secondary data were obtained from 110 Brazilian municipalities. Three models were tested for meta-regression analysis (Richards, Gompertz, and Logistic). Equations derived from the Richards and Logistic models exhibited the lowest values of root mean square error and AIC, respectively. Logistic model fitted proved to be an efficient alternative for analyzing trend of the effect of average annual precipitation on the potential productivity of eucalyptus at 6 years of age. This productivity was asymptotically higher in municipalities with greater rainfall. Average annual precipitation below 742 mm can severely compromise productivity in eucalypt stands.

Keywords: Climatic variable. Meta-regression. Water. Wood.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
3. RESULTADOS.....	11
4. DISCUSSÃO.....	14
5. CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS	16

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado globalmente em termos de produtividade lenhosa, registrando a média de produtividade de $32,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em uma área total de, aproximadamente 7,6 milhões de hectares cultivados com o gênero eucalyptus (Ibá, 2023). Os avanços na produtividade são frequentemente atribuídos aos progressos na silvicultura, incluindo métodos de propagação, preparo do solo, melhoramento genético, fertilização e controle de pragas (Stape *et al.*, 2010; Trindade *et al.*, 2019; Lafetá *et al.*, 2020; Lafetá *et al.*, 2021).

A produtividade vegetal pode ser dividida em três categorias: potencial, alcançável e real. A modelagem ecofisiológica rotineiramente utiliza a produtividade potencial (Lafetá *et al.*, 2018a; Silva *et al.*, 2023), representando a quantidade máxima de madeira que um povoamento pode produzir na ausência de fatores limitantes ou redutores do crescimento. No entanto, alcançar a produtividade potencial é praticamente impossível na prática devido a irregularidades não controláveis durante a rotação.

A meta-regressão por sua vez, é uma técnica estatística avançada que integra e analisa dados de múltiplos estudos para a identificação e quantificação de relações entre variáveis preditoras e resposta. Modelos não lineares são exaustivamente adotados para a representação matemática do comportamento de fenômenos biológicos, um exemplo é o estabelecimento de relações funcionais para a estimativa do volume produzido em povoamentos florestais em razão de aspectos climáticos.

Variáveis climáticas como a precipitação, influencia a produtividade florestal e o fornecimento de matéria-prima para as fábricas (Landsberg; Waring, 1997; Lafetá *et al.*, 2018b; Silva *et al.*, 2023). A precipitação média anual é uma variável climática que representa a disponibilidade hídrica ou a entrada de água no ecossistema florestal, importante para fotossíntese e acúmulo de biomassa (Stape *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2023). Todavia, ainda há dúvidas sobre o efeitos da precipitação na produção de eucalipto no território nacional.

Mediante o exposto, as seguintes hipóteses foram testadas: I – modelos sigmoidais são adequados para a representação do comportamento entre a produtividade lenhosa e a precipitação média anual? II – a produtividade lenhosa aumenta assintoticamente com o intensificação da precipitação média anual? O objetivo foi avaliar diferentes modelos de regressão para a estimativa da produtividade potencial de eucalipto em função da variação da precipitação média anual.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados secundários utilizados no presente trabalho foi proveniente de 110 municípios brasileiros, onde o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024) possui estações meteorológicas automáticas e manuais para registro e monitoramento de condições atmosféricas. A seleção dos municípios foi realizada aleatoriamente, adotando pelo menos uma unidade amostral em cada estado da federação, ressalvando o estado de Rondônia, que não possui registros de precipitação para o período do estudo (Figura 1).

Figura 1: Localização das estações meteorológicas selecionadas aleatoriamente para a modelagem da produtividade potencial de eucalipto aos 6 anos de idade em função da precipitação média anual (Datum WGS84).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

As informações climáticas de precipitação média anual (P , mm) foram referentes ao período de 1981 a 2010, disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do INMET (2024). A estimativa da produtividade potencial de madeira

(tronco sem casca) de cultivos de eucalipto aos 6 anos de idade, expressa em incremento médio anual (IMA6, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), foi definida conforme o mapeamento realizado por Borges (2012), levando em consideração radiação, nutrientes, água e temperatura. Este mapeamento foi elaborado para diferentes regiões do Brasil, fundamentado no modelo Physiological Principles in Predicting Growth (3-PG), desenvolvido por Landsberg e Waring (1997). Os dados de precipitação média anual e produtividade potencial de madeira foram submetidos às análises estatística descritiva (média, mediana, desvio-padrão, amplitude de variação e, pelo método dos momentos, assimetria e curtose) e de teste normalidade segundo Shapiro Wilk.

Foram ajustados três modelos não lineares (sigmoidais) para a estimativa de IMA6 em função da precipitação (Tabela 1). Estes modelos são rotineiramente ajustados no setor florestal para a modelagem do crescimento e produção de madeira (Campos e Leite, 2017). A convergência dos parâmetros dos modelos não lineares de meta-regressão baseou-se no método iterativo de Levenberg-Marquardt.

Tabela 1: Modelos testados para a estimativa da produtividade potencial de madeira (tronco sem casca) em cultivos de eucalipto com 6 anos de idade (IMA6, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) em função da precipitação média anual (P, mm).

Modelo	Forma de ajuste	Denominação
(1)	$IMA6 = \frac{\beta_0}{(1 + e^{\beta_1 - \beta_2 P})^{1/\beta_3}} + \varepsilon$	Richards
(2)	$IMA6 = \beta_0 e^{-e^{\beta_1 - \beta_2 P}} + \varepsilon$	Gompertz
(3)	$IMA6 = \beta_0 / (1 + \beta_1 e^{-\beta_2 P}) + \varepsilon$	Logístico

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = parâmetros dos modelos de regressão e ε = erro aleatório. Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A qualidade dos ajustes foi avaliada de acordo com os valores do coeficiente de correlação de Pearson (r), Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM) e critério de informação de Akaike (Akaike Information Criterion, AIC). Menores valores de RQEM e AIC implicaram em melhor qualidade preditiva. Selecionaram-se as duas equações de melhor desempenho preditivo para as análises de inspeção gráfica subsequentes.

Para diagnóstico de efeito estatístico, assumiu-se o nível de significância de 1% de probabilidade. As análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do software R versão 4.3.3 (R Core Team, 2024), por meio dos pacotes Metrics (Hamner e Frasco, 2022), minpack.lm (Elzhov *et al.*, 2023) e stats (R Core Team, 2024).

3. RESULTADOS

O crescente uso de modelos não lineares para a modelagem biométrica tem sido respaldado pela sua frequente aplicação em pesquisas, facilidade de interpretação estatística, além da ampla disponibilidade de pacotes e softwares estatísticos (Mhamdi *et al.*, 2021; Bahtiar e Iswanto, 2023; Elzhov *et al.*, 2023; Filho *et al.*, 2023; West e Ratkowsky, 2023; R Core Team, 2024). Contudo, é pertinente ressaltar que o uso indiscriminado de modelos matemáticos deve ser visto com cautela, pois dificuldades relacionadas a inconsistência biológica são comuns durante o processamento estatístico (Campos e Leite, 2017).

A descrição da amostra do banco de dados secundários de precipitação média anual e produtividade potencial de eucaliptais aos 6 anos de idade no Brasil, encontra-se na Tabela 2. Ambas as variáveis apresentaram distribuição em formato platicúrtico (achatado), porém somente as informações pluviométricas coletadas seguiram à normalidade ($p > 0,01$) e assimetria positiva.

Tabela 2: Resumo descritivo dos dados secundários de precipitação média anual e produtividade potencial de eucaliptais aos 6 anos de idade, calculados para 110 municípios do Brasil.

Estatísticas	Precipitação média anual (mm)	Produtividade Potencial (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Média	1482,25	55,77
Mediana	1506,20	55,00
Desvio-padrão	519,99	17,34
Máximo	3084,00	90,00
Mínimo	482,60	20,00
Assimetria	0,2575	-0,0216
Curtose	-0,2189	-0,8405
Shapiro Wilk (W)	0,9834 ^{ns}	0,9556 [*]

W = Estatística de teste de Shapiro Wilk. ^{*}, ^{ns} significativo e não significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Shapiro Wilk, respectivamente. Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Estabeleceram-se três relações funcionais não lineares para a estimativa da produtividade potencial de eucalipto aos 6 anos de idade. Os parâmetros dos modelos testados e a qualidade dos ajustes estão apresentados na Tabela 3. A equação oriunda do modelo de

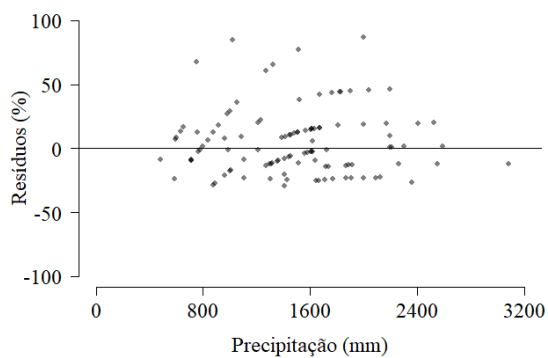
Richards (1) exibiu o maior coeficiente de correlação e a menor raiz quadrada do erro médio. Por outro lado, a equação obtida com o ajuste do modelo Logístico teve o menor valor de AIC. Portanto, ambas as equações foram selecionadas para as análises gráficas subsequentes (Figura 2).

Tabela 3: Parâmetros e qualidade de ajuste dos modelos não lineares de meta-regressão testados para a estimativa da produtividade potencial de madeira (tronco sem casca) em cultivos de eucalipto com 6 anos de idade em função da precipitação média anual

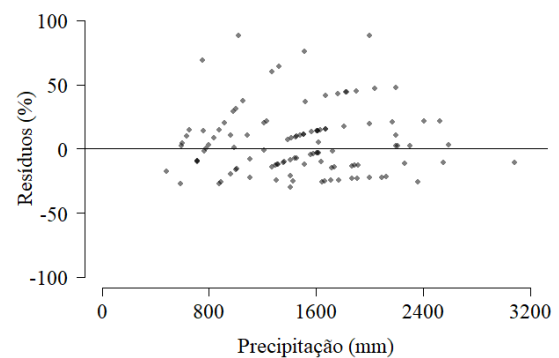
Atributos	Modelo (1)	Modelo (2)	Modelo (3)
β_0	65,9861	68,5209	67,2569
β_1	5,2202	1,3881	9,9668
β_2	0,0045	0,0023	0,0031
β_3	2,9183	-	-
R	0,7019*	0,6993*	0,7010*
RQEM	12,2919	12,3358	12,3066
AIC	874,1338	872,9169	872,3961

*significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. β_0 , β_1 , β_2 e β_3 = parâmetros dos modelos de regressão; r = coeficiente de correlação; RQEM = raiz quadrada do erro médio; e AIC = critério de informação de Akaike. Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Richards



Logístico



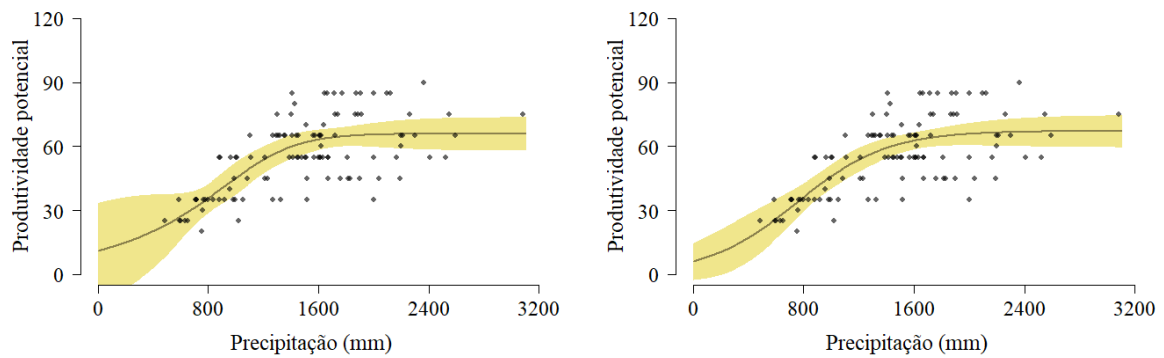


Figura 2: Representações gráficas da distribuição dos resíduos percentuais das equações selecionadas (superior da figura) e relação entre produtividade potencial de eucalipto aos 6 anos de idade ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e precipitação (inferior da figura). A margem de confiança foi estabelecida ao nível de significância de 1%. Fonte: Elaborado pelo autor, 2024..

A distribuição de resíduos percentuais da equação logística concentrou mais valores próximos ao eixo das abscissas (eixo x). Além disso, observou-se homocedasticidade nessa distribuição de resíduos. O comportamento ascendente e sigmoidal da produtividade potencial de madeira em cultivos de eucalipto com 6 anos de idade em função da precipitação média anual foi verificado graficamente (Figura 2).

4. DISCUSSÃO

As estimativas de produtividade potencial de eucalipto se correlacionaram positivamente com a precipitação média anual ($r = 0,62$; $p \leq 0,01$). Essa associação positiva e significativa observada refletiu a coerência fisiológica, onde é esperado maior crescimento lenhoso em sítios com índices pluviométricos mais elevados (Campos e Leite, 2017; Taiz *et al.*, 2017; Stape *et al.*, 2017; Lafetá *et al.*, 2018b; Rocha-Sepúlveda *et al.*, 2024).

Em geral, as equações obtidas com o ajuste dos três modelos tiveram forte correlação entre valores estimados e observados de produtividade lenhosa potencial (Tabela 3), com valores próximos ou superiores a 0,7 (Gujarati e Porter, 2011). Considerando a dificuldade em se relacionar a produtividade vegetal com variáveis ambientais (Borges, 2012; Lafetá, 2018a; Lafetá, 2018b), a qualidade dos ajustes foi definida como satisfatória. Salienta-se que o potencial produtivo é consequência da interação de diversos fatores edáficos, climáticos e genéticos, podendo se expressar de maneira diferenciada em sítios que apresentam a mesma precipitação média anual. Esta afirmativa pode ser confirmada pela análise gráfica de resíduos percentuais (Figura 2).

As equações geradas a partir dos modelos de Richards e Logístico foram selecionadas para análises gráficas subsequentes por terem exibido menos desvios; menores valores de RQEM e AIC, respectivamente. Essas equações demonstraram o melhor desempenho preditivo, evidenciando consistência biológica em relação ao comportamento sigmoidal de suas curvas e precisão nas estimativas de produtividade. (Figura 2). No entanto, o ajuste do modelo Logístico apresentou menor margem de confiança, sobretudo, nos municípios menos chuvosos.

O modelo Logístico ajustado representou adequadamente a relação entre a produtividade potencial de eucalipto e precipitação média anual. A assíntota foi estimada na produtividade de $67,25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O ponto de inflexão da curva foi estimado em 742 mm. É provável que precipitações inferiores ao valor encontrado no ponto de inflexão da curva comprometa bastante a produtividade potencial do eucalipto. Mesmo com informações generalistas de eucaliptocultura, a estimativa de precipitação no ponto de inflexão está em consonância com a precipitação mínima recomendada para o cultivo de *Eucalyptus grandis*, de pelo menos 690 mm (Embrapa, 2023).

5. CONCLUSÃO

O ajuste do modelo Logístico é uma alternativa eficiente para a análise de tendência do efeito da precipitação média anual na produtividade potencial de eucalipto aos 6 anos de idade. Essa produtividade demonstrou ser assintoticamente maior em municípios mais chuvosos.

Precipitações médias anuais inferiores a 742 mm podem comprometer acentuadamente a produtividade potencial de eucalipto.

REFERÊNCIAS

BAHTIAR, E. T.; ISWANTO, A. H. Annual tree-ring curve-fitting for graphing the growth curve and determining the increment and cutting cycle period of sungkai (*Peronema canescens*). **Forests**, v. 14, n. 8, 1643; 2023. <https://doi.org/10.3390/f14081643>.

BORGES, J. S. **Modulador edáfico para uso em modelo ecofisiológico e produtividade potencial de povoamento de eucalipto**. 2012. 70f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2012.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 5. ed. Viçosa – MG: Ed. UFV, 2017. 636p.

ELZHOV, T.; MULLEN, K. M.; SPIESS, A.; BOLKER, B. **minpack.lm**: R interface to the Levenberg-Marquardt nonlinear least-squares algorithm found in MINPACK, Plus Support for Bounds. 2023. Disponível em: <<https://cran.rproject.org/web/packages/minpack.lm/minpack.lm.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Eucalipto: perguntas e respostas. Colombo. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>>. Acesso em 27 ago. 2023.

FILHO, A. M.; NETTO, S. P.; MACHADO, S. A.; CORTE, A. P. D.; BEHLING, A. Site classification for *Eucalyptus* sp. in a tropical region of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, e20200038, 2023. <https://doi.org/10.1590/00013765202320200038>.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. Porto Alegre: McGrawHill/Bookman, 2011. 924p.

HAMMER, B.; FRASCO, M. **Metrics**: evaluation metrics for machine learning. 2022. Disponível em: <<https://CRAN.Rproject.org/package=Metrics>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

IBÁ. 2023. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2023 – ano base 2022.

Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>.
Acesso em: 25 abril 2024.

INMET. 2024. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos.
Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 25 abr. 2024.

LAFETÁ, B. O.; SANTANA, R. C.; NOGUEIRA, G. S.; PENIDO, T. M. A.; OLIVEIRA, L. F. R.; VIEIRA, D. S. Biomassa e coeficiente de utilização biológico de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* × *E. camaldulensis* em diferentes espaçamentos de plantio. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 129, e3378, 2021. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n129.13>.

LAFETÁ, B. O.; SANTANA, R. C.; NOGUEIRA, G. S.; PENIDO, T. M. A.; VIEIRA, D. S. Ecophysiology modeling by artificial neural networks for different spacings in eucalypt. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 3, p. 438-448, 2018a. <https://dx.doi.org/10.14295/CS.v9i3.2741>.

LAFETÁ, B. O.; SANTANA, R. C.; PENIDO, T. M. A.; MACHADO, E. L. M.; VIEIRA, D. S. Climatic suitability for *Eucalyptus cloeziana* cultivation in four brazilian states. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 77-86, 2018b. <https://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i150496>.

LAFETÁ, B. O.; TRINDADE, R. N. R.; AGUIAR, V. F.; PENIDO, T. M. A.; VIEIRA, D. S. Crown morphometric indexes of eucalypt estimated by logistic regression and support vector machines. **Floresta**, v. 50, n. 3, p. 1633 - 1642, 2020. <https://dx.doi.org/10.5380/rf.v50i3.65255>.

LANDSBERG, J. J.; WARING, R. H. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. **Forest Ecology and Management**, v. 95, p. 209-228, 1997. [https://doi.org/10.1016/S03781127\(97\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S03781127(97)00026-1).

MHAMDI, S.; ELAIEB, M. T.; SOUAYAH, N.; KHOUJA, M.; KHOUJA, M. L.; ALOUI, A.; CANDELIER, K. Growth and productivity modeling of seven *Eucalyptus* species in Souiniet's Arboretum in the Northwestern of Tunisia. **Forestist**, p. 1-16, 2021. <https://doi.org/10.5152/forestist.2021.20062>.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2024.

ROCHA-SEPÚLVEDA, M. F.; VEGA, M.; WILLIAMS, D.; GENDVILAS, V.; HARRISON, P. A.; VAILLANCOURT, R. E.; POTSS, B. M. Effect of site, silviculture and tree social status on internal checking variation in plantation-grown *Eucalyptus nitens*.

Australian Forestry, p. 1-10, 2024. <https://doi.org/10.1080/00049158.2024.2341534>.

SILVA, G. C. C.; NEVES, J. C. L.; MARCATTI, G. E.; SOARES, C. P. B.; CALEGARIO, N.; ARAÚJO JÚNIOR, C. A.; GONZÁLES, D. G. E.; GLERIANI, J. M.; BINOTI, D. H. B.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G. Improving 3-PG calibration and parameterization using artificial neural networks. **Ecological Modelling**, v. 479, 110301, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110301>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TRINDADE, R. N. R.; LAFETÁ, B. O.; AGUIAR, V. F.; SILVA, A. G.; FERRARO, A. C.; PENIDO, T. M. A.; VIEIRA, D. S. Morfometria da copa de povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *E. urophylla* S. T. Blake em diferentes espaçamentos de plantio.

Scientia Forestalis, v. 47, n. 121, p. 83-91, 2019.

<https://dx.doi.org/10.18671/scifor.v47n121.08>.

WEST, P. W.; RATKOWSKY, D. A. A state-space growth model for *Eucalyptus pilularis* in subtropical Australia, fitted with and without seemingly unrelated regression. **Australian Forestry**, v. 86, n. 3-4, p. 134–142, 2023. <https://doi.org/10.1080/00049158.2023.2286833>.