

# POTENCIAL DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA ESTIMATIVA DA ALTURA DE CLONES DE EUCALIPTO COM QUATRO ANOS DE IDADE

Lucas Mota Amorim<sup>1</sup>; Jonas Santos Silva<sup>1</sup>; Elton da Silva Leite<sup>2</sup>; Deoclides Ricardo de Souza<sup>2</sup>; Júlio César Azevedo Nóbrega<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Solos e Qualidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, BA, Brasil

<sup>2</sup> Professor na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, BA, Brasil

lukasmamorim@gmail.com, jonas-santos3@hotmail.com, eltonslite@gmail.com, souzadr@hotmail.com, jcanobrega@gmail.com

**Identificação do evento:** Apresentado no IV Congresso Brasileiro de Eucalipto – 07 E 09 de Agosto de 2019 – Salvador – BA

**Resumo.** O uso de ferramentas de inteligência artificial na modelagem de crescimento e produção ainda é um assunto novo e pouco explorado no Brasil. Em Ciência Florestal, diversos tópicos podem ser potencialmente tratados por RNAs, entre eles a relações hipsométricas, com a obtenção de resultados expressivos. Logo, o estudo teve como objetivo avaliar o potencial das redes neurais artificiais na predição da altura de clones eucaliptos com quatro anos de idade. O presente estudo foi desenvolvido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia no Campus experimental da cidade de Cruz das Almas – BA, em um povoamento plantado de um hectare. Foram coletados dados de altura e diâmetro de todas as árvores do povoamento e posteriormente ajustado as RNAs pelo software STATISTICA 10. As redes foram constituídas de ½ ou 1 camada oculta para cada variável numérica, em que o número de neurônios nessa camada foi igual a um ou dois, logo, a arquitetura da rede foi 2-2-1 e 2-1-1, como função de ativação utilizou-se a logística e a exponencial. Os melhores resultados foram obtidos na RNA 1, contendo valor baixo de RMSE% e altos valores de correlação nas etapas de treino, teste e principalmente validação das redes e não foi observado tendenciosidade na dispersão dos erros da estimativa para as RNAs selecionadas. No entanto, o melhor ajuste foi observado para a RNA 1, apresentando melhor distribuição dos erros das alturas estimadas e observadas.

**Palavra Chave:** Manejo Florestal, Inventário Florestal, RNAs.

## 1. Introdução

A determinação das variáveis dendrometrias de um povoamento florestal normalmente é realizada por meio de inventário florestal, utilizando-se um conjunto de dados como base para se realizar inferências sobre as variáveis de altura, volume e número de árvores por hectare (MACHADO *et al.*, 2000). Uma característica importante avaliada nos inventários florestais é a altura total das árvores, uma vez que possui elevada correlação com o diâmetro e volume de madeira do fuste.

De acordo com Leite & Andrade (2004), a medição da altura das árvores eleva os custos do inventário florestal, tornando importantes estudos sobre modelos, procedimentos e equipamentos eficientes para estimação. Normalmente, as predições são realizadas através da aplicação de equações de regressão, visando estimar as variáveis não medidas no campo. No entanto, estudos com inteligência artificial estão sendo aplicados na ciência florestal, visando substituir os modelos tradicionais de regressão.

As redes neurais artificiais (RNAs) surgem como nova tecnologia aplicada às estimativas de volume de madeira (GORGENS *et al.*, 2009; LEITE *et al.*, 2010). O uso de ferramentas de inteligência artificial na modelagem de crescimento e produção ainda é um assunto novo e pouco explorado no Brasil. Em Ciência Florestal, diversos tópicos podem ser potencialmente tratados por RNAs, entre eles relações hipsométricas, modelagem do volume de árvores e equações de TAPER, obtendo resultados expressivos (BINOTI *et al.*, 2013; BINOTI *et al.*, 2012a; BINOTI *et al.*, 2012b; BINOTI, 2010; LEITE *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2009).

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial das redes neurais artificiais na predição da altura de clones eucaliptos com quatro anos de idade.

## 2. Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no Campus experimental da cidade de Cruz das Almas – BA, em uma área com um hectare de plantio de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. O clima da região de Cruz das Almas, possui cerca de 80% de umidade relativa do ar e temperatura média anual de 24,5°C.

No povoamento florestal foram coletados dados de altura e diâmetro das árvores. A mensuração de altura e a circunferência à 1,3 m de altura (DAP) foram obtidas por mira e fita métrica, respectivamente..

O ajuste das redes neurais artificiais (RNAs) foi obtida através de etapas, sendo elas: treino, teste e validação, ajustados por meio do programa STATISTICA 10.0. As RNAs foram treinadas com diferentes neurônios na camada oculta. A entrada de dados foi realizada através da variável alvo, obtida na determinação da altura e a variável numérica DAP. O banco de dados foi dividido aleatoriamente, destinando 70% dos dados para treino, 15% para a etapa de teste e 15% para validação das RNAs. A camada de entrada foi constituída por dois neurônios, sendo um neurônio para cada variável numérica preditora. As redes foram constituídas de ½ ou 1 camada oculta para cada variável numérica, em que o número de neurônios nessa camada foi igual a um ou dois, logo, a arquitetura da rede foi 2-2-1 e 2-1-1, como função de ativação utilizou-se a logística e a exponencial.

Treinou-se 200 redes do tipo perceptrons de múltiplas camadas, comumente conhecidas como MLP (Multilayer Perceptron). Apresentou-se os resultados das quatro melhores RNAs, escolhidas com base nos seguintes fatores: correlação entre o volume estimado e observado, no qual descreve o comportamento entre o volume real em função do comportamento do volume estimado pelas redes; gráfico de dispersão de resíduos em função do volume estimado, que mostra a existência ou não tendenciosidade nas estimativas e raiz quadrada do erro médio (RMSE%), em que menores percentuais apresentam melhores estimativas.

## 3. Resultados e Discussão

A tabela 1 apresenta os resultados estatísticos de correlação e raiz quadrada do erro médio (RMSE%) das RNAs treinadas para a variável altura do povoamento em estudo. Todas as RNAs treinadas obtiveram resultados estatísticos aceitáveis para a predição das alturas para o povoamento em estudo. Resultados similares foram encontrados por (SILVA *et al.*, 2009) ajustando RNAs para clones de eucaliptos.

Os melhores resultados foram obtidos na RNA 1, contendo valor baixo de RMSE% e altos valores de correlação nas etapas de treino, teste e, principalmente, validação das redes. Essa superioridade entre as demais pode ser explicada devido a presença de dois neurônios na camada

intermediária, fato também observado por BINOTI *et al.* (2013), quando trabalhando com estimativa de altura de povoamentos equiâneos de eucaliptos.

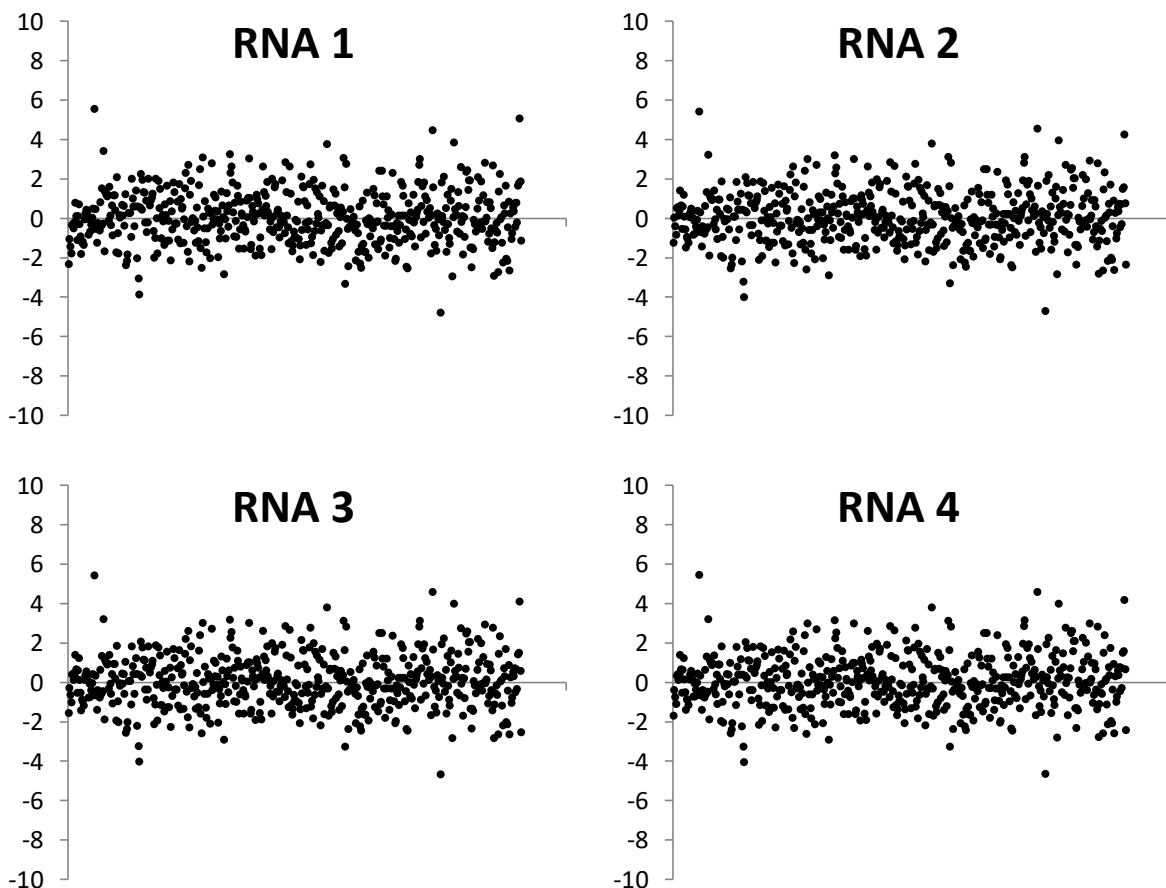
**Tabela 1** – Redes neurais artificiais (RNAs) selecionadas para estimar a altura individual de clones eucaliptos.

Rede	Arquitetura	Correlação			RMSE%	Modelo
		Treino	Teste	Validação		
1	MLP 1-2-1	0,852666	0,840362	0,840536	1,16	Exponential
2	MLP 1-2-1	0,856862	0,840887	0,840100	1,27	Exponential
3	MLP 1-1-1	0,856803	0,841567	0,839678	1,14	Logistic
4	MLP 1-1-1	0,856635	0,841046	0,839810	1,11	Logistic

Legenda: (RMSE %) - raiz quadrada do erro médio.

Não foi observado tendenciosidade na dispersão dos erros da estimativa para as RNAs selecionadas (Figura 1). No entanto, o melhor ajuste foi observado para a RNA 1, que apresentou melhor distribuição dos erros para as alturas estimadas e observadas. Resultados similares foram encontrados por Gorgens *et al.* (2009) e Binoti *et al.* (2013) em experimentos utilizando pinus e eucaliptos de diferentes locais, espécies e clones.

**Figura 1.** Dispersão gráfica dos resíduos entre a altura observada e altura estimada de clones eucaliptos.



### 3. Conclusão

As redes neurais artificiais estimaram de forma precisa e eficiente as alturas individuais de clones de eucalipto, sendo recomendada como estimadoras de alturas de povoamentos da espécie.

### 4. Referências

- BINOTI, M. L. M. S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G. Aplicação de redes neurais artificiais para estimação da altura de povoamentos equiâneos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.4, p.639-645, 2013.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G.; SILVA, A. Redução dos custos em inventário de povoamentos equiâneos utilizando redes neurais artificiais. **Agrária**, v.8, p.125-129, 2012a.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G.; SILVA, A.; SANTOS, A. C. A. Modelagem da distribuição diamétrica em povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste utilizando autômatos celulares. **Revista Árvore**, v.36, n.5, p.931-939, 2012b.
- BINOTI, M. L. M. S. Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto. 2010. 54f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- GORGENS, E. B. et al. Estimação do volume de árvores utilizando redes neurais artificiais. **Revista Árvore**, v.33, n.6, p.1141-1147, 2009.
- Leite, H. G. & Andrade, V. C. L. Uso do método da altura relativa em inventário florestal de um povoamento de Pinus. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 865-873, 2004. DOI: 10.1590/S0100-67622004000600011.]
- LEITE, H. G. et al. Estimation of inside-bark diameter and heartwood diameter for *Tectona grandis* Linn. trees using artificial neural networks. **European Journal of Forest Research**, v.130, n.2, p.263-269, 2010.
- MACHADO, S. A.; MELLO, J. M.; BARROS, D. A. Comparação entre métodos para avaliação de volume total de madeira por unidade de área para o pinheiro do Paraná na região sul do Brasil. **Cerne**, Lavras-MG, v. 6. n. 2, p. 55-66, 2000.
- SILVA, et al. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, n.6. p.1133-1139, 2009.