



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**Aplicação de redes neurais artificiais na estimativa de altura de
um plantio clonal de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake em
Almeirim, PA.**

Rylla Bryanne Moraes

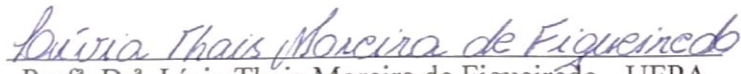
Altamira – PA
2018

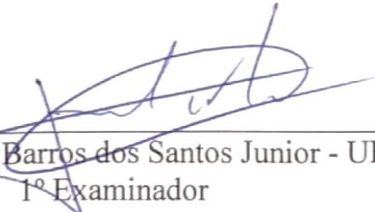
Rylla Bryanne Moraes

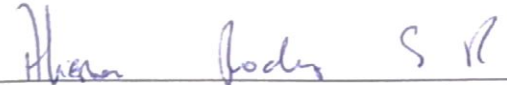
APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA
ESTIMATIVA DE ALTURA DE UM PLANTIO CLONAL
DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA* S. T. BLAKE EM
ALMEIRIM, PA.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
Florestal da Universidade Federal do
Pará, Campus Universitário de Altamira,
como requisito parcial para a obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia
Florestal.

Aprovado em 30 de Novembro de 2018.


Prof.^a Dr.^a Livia Thais Moreira de Figueiredo - UFPA
Orientadora


Prof. Dr. Jaime Barros dos Santos Junior - UFPA
1º Examinador


Prof. Dr. Alisson Rodrigo Souza Reis - UFPA
2º Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão de curso a minha avó Leonilda de Castro Oliveira, que sempre me incentivou a estudar, e apoiou sem medir esforços para que meus objetivos sejam alcançados, sem ela eu não estaria finalizando o curso.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará, à Faculdade de Engenharia Florestal.

Ao Grupo JARI pelo fornecimento dos dados utilizados nesse trabalho.

À minha avó, Leonilda de Castro Oliveira, por todo o incentivo e apoio para eu estudar.

À minha irmã Lauren Thellys Moraes, que me apoiou durante a graduação, e por ter cedido sua casa para que eu pudesse morar em Altamira e continuar a estudar.

À minha orientadora Livia Figueiredo pela paciência, pelos conhecimentos que me passou, e por acreditar que em mim, pelas as palavras de apoio, incentivo e amizade.

A minha melhor amiga Dhessica Sabrinna, que desde o ensino médio esteve ao meu lado me apoiando e ouvindo nos momentos bons e ruins.

Aos meus amigos que que fiz na graduação, em especial a Ariele Sales, Brunna Baroni, Ingrid Almeida, Yuri Rafael, e Marllisson Eriques.

Aos meus amigos do grupo do Telegram “Neo-saganistão” que sempre me ouviram chorar, me apoiaram, incentivaram e me tranquilizaram durante a construção desse trabalho.

Ao Éverton Fernandes e Mateus Coelho por me socorrerem quando eu não entendia sobre Redes Neurais Artificiais.

A Professora Patrícia Bilhalva Soares por todo o apoio, e por acreditar em mim.

A minha psicóloga que me ajudou a controlar minhas crises de ansiedade nesses dias tão difíceis e cheios de pressão de fim de curso.

Ao professor Carlos Alberto Araújo Júnior da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pela ajuda durante a realização do trabalho.

Ao ex-presidente do Brasil, Luiz Inácio Lula da Silva (Lula) e ao ex-ministro da Educação Fernando Haddad, por terem criado o curso de engenharia florestal no campus universitário de Altamira da Universidade Federal do Pará através do Programa Reuni.

*“Em algum lugar alguma coisa incrível está esperando
para ser descoberta.”*

(Carl Sagan)

RESUMO

A prognose da produção é realizada por meio da modelagem do crescimento e da produção, em que estimativas de volume são obtidas em função de variáveis como Diâmetro a Altura do Peito (DAP), obtido a 1,30m do solo, e altura por exemplo. O processo de coleta de dados de altura no campo demanda maior tempo e custo, sendo muitas vezes empregadas equações hipsométricas e nos últimos anos redes neurais artificiais para se obter estimativas de altura. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação da Rede Neural Artificial (RNA) na estimativa de altura de um plantio clonal de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake em Almeirim, Pará, comparando-a com as estimativas obtidas pela equação hipsométrica. Para o treinamento das redes e ajuste das equações foram utilizados dados de 540 indivíduos de eucalipto, nas idades de 24 a 72 meses, medidos anualmente entre 2013 a 2017. Foi utilizado o modelo de Gompertz, e a rede do tipo *perceptron* de múltiplas camadas, sendo que as estimativas obtidas foram avaliadas por meio do coeficiente de correlação entre as alturas observadas e estimadas, a raiz quadrada do erro médio (RQEM), *Bias*, e análise gráfica da distribuição de resíduos. Os dois procedimentos avaliados foram eficientes para estimativa da altura de árvores de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, entretanto, a RNA obteve resultados superiores nos indicadores estatísticos RQEM e *Bias* em relação à regressão.

Palavras-chave: Prognose, eucalipto, regressão, Gompertz, RNA.

ABSTRACT

The production prognosis is performed through growth and production modeling, where volume estimates are obtained as a function of variables such as DBH and height, for example. The process of collecting height data in the field demands greater time and cost, and hypsometric equations are often used and in recent years artificial neural networks to obtain height estimates. Thus, the objective of this work was to evaluate the application of RNA in the height estimation of a clonal *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake planting in Almeirim, Pará, comparing it with the estimates obtained by the hypsometric equation. For the training of the networks and adjustment of the equations, data from 540 eucalyptus individuals, aged 24 to 72 months, were used annually between 2013 and 2017. The Gompertz model was used, and the multilayer perceptron network, and the estimates obtained were evaluated by means of the correlation coefficient between observed and estimated heights, square error of the mean error (RQEM), Bias, and graphical analysis of the waste distribution. The two procedures evaluated were efficient for estimating the height of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake trees, however, the RNA was higher in the statistical indicators RQEM and Bias in relation to the regression.

Key words: Prognosis, eucalyptus, regression, Gompertz, RNA.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
RESUMO	6
ABSTRACT	7
Introdução	10
Material e Métodos.....	12
Caracterização da área.....	12
Coleta de dados.....	12
Análises estatísticas.....	13
Resultados e discussão.....	14
Conclusão	19
Referências Bibliográficas	19

APRESENTAÇÃO

Este trabalho refere-se à “Aplicação de redes neurais artificiais na estimativa de altura de um plantio clonal de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake em Almeirim-PA”, e será submetido ao periódico científico Revista Agro@ambiente on-line.

Aplicação de redes neurais artificiais na estimativa de altura de um plantio clonal de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake em Almeirim-PA.

*Application of artificial neural networks in the height estimation of a clonal planting of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake in Almeirim-PA.*

Resumo: A prognose da produção é realizada por meio da modelagem do crescimento e da produção, em que estimativas de volume são obtidas em função de variáveis como DAP e altura por exemplo. O processo de coleta de dados de altura no campo demanda maior tempo e custo, sendo muitas vezes empregadas equações hipsométricas e nos últimos anos redes neurais artificiais para se obter estimativas de altura. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação da RNA na estimativa de altura de um plantio clonal de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake em Almeirim, Pará, comparando-a com as estimativas obtidas pela equação hipsométrica. Para o treinamento das redes e ajuste das equações foram utilizados dados de 540 indivíduos de eucalipto, nas idades de 24 a 72 meses, medidas anualmente entre 2013 a 2017. Foi utilizado o modelo de Gompertz, e a rede do tipo *perceptron* de múltiplas camadas, sendo que as estimativas obtidas foram avaliadas por meio do coeficiente de correlação entre as alturas observadas e estimadas, a raiz quadrada do erro médio (RQEM), *Bias*, e análise gráfica da distribuição de resíduos. Os dois procedimentos avaliados foram eficientes para estimativa da altura de árvores de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, entretanto, a RNA foi superior nos indicadores estatísticos RQEM e *Bias* em relação à regressão.

Palavras-chave: Prognose, eucalipto, regressão, Gompertz, RNA.

Abstract: The production prognosis is performed through growth and production modeling, where volume estimates are obtained as a function of variables such as DBH and height, for example. The process of collecting height data in the field demands greater time and cost, and hypsometric equations are often used and in recent years artificial neural networks to obtain height estimates. Thus, the objective of this work was to evaluate the application of RNA in the height estimation of a clonal *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake planting in Almeirim, Pará, comparing it with the estimates obtained by the hypsometric equation. For the training of the networks and adjustment of the equations, data from 540 eucalyptus individuals, aged 24 to 72 months, were used annually between 2013 and 2017. The Gompertz model was used, and the multilayer perceptron network, and the estimates obtained were evaluated by means of the correlation coefficient between observed and estimated heights, square error of the mean error (RQEM), *Bias*, and graphical analysis of the waste distribution. The two procedures evaluated were efficient for estimating the height of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake trees, however, and RNA was higher in the statistical indicators RQEM and *Bias* in relation to the regression.

Key words: Prognosis, eucalyptus, regression, Gompertz, RNA.

Introdução

Aproximadamente 20 espécies do gênero *Eucalyptus* são plantadas comercialmente no mundo, sendo algumas resultantes do processo de hibridação. Fatores como adaptação a diversas regiões, potencial econômico e rápido crescimento em altura e diâmetro foram essenciais para a expansão do gênero no mundo (EMBRAPA, 2014).

O eucalipto chegou ao Brasil no ano de 1904 para suprir a necessidade de matéria-prima da região sudeste do país, e na década de 50 passou a ser utilizado na produção de celulose e papel (VIANA, RIOS E OLIVEIRA, 2016). Atualmente a área de plantio é de 5,7 milhões de hectares, totalizando 72% do total (7,84 milhões de hectares) de área de floresta plantada no Brasil, e um total de 133.996 hectares no estado do Pará em 2016 (IBÁ, 2017).

Plantios de eucalipto têm sido estabelecidos em regiões menos habituais, como no Norte do país, em função da necessidade de matéria-prima para a produção de carvão vegetal para as empresas de mineração e da vinda de empreendimentos do ramo de papel e celulose, além dos atrativos econômicos e das características edafoclimáticas que são favoráveis para o desenvolvimento das espécies (FILGUEIRAS *et al.*, 2011, MATOS *et al.*, 2012).

No gerenciamento de um plantio comercial é fundamental a quantificação do crescimento e da produção. A prognose da produção é realizada por meio da modelagem do crescimento e da produção, em que estimativas de volume são obtidas em função de variáveis como diâmetro a altura do peito (DAP) obtido a 1,30 m do solo, altura, idade, e índices de local, sendo, portanto, necessário que essas variáveis sejam obtidas com o máximo de precisão.

Em relação à variável altura, o processo de coleta de dados dessa variável no campo demanda maior tempo e custo devido à dificuldade de visualização da copa das árvores e utilização de equipamentos de custo elevado. Assim, usualmente, as empresas do setor florestal ao invés de obter as medidas das alturas de todas as árvores de um povoamento, utilizam equações, conhecidas como equações hipsométricas, para estimar a altura em função dos respectivos DAPs das árvores (LEITE E ANDRADE, 2004; SILVA, 2016a).

Nos últimos anos, uma ferramenta já conhecida e utilizada em outras áreas do conhecimento, as redes neurais artificiais (RNA), vêm sendo aplicadas com sucesso nas ciências florestais, sendo uma alternativa promissora para a modelagem da relação hipsométrica (BINOTI *et al.*, 2013a).

As RNA são sistemas computacionais paralelos constituídos por unidades de processamento simples, sendo chamadas também de neurônios artificiais ou nodos, conectados entre si de maneira específica para desempenhar determinada tarefa (BRAGA *et al.*, 2000).

Essas redes são capazes de resolver problemas complexos em função da analogia neurobiológica, da habilidade de aprender sobre um conjunto de dados e generalizar, capacidade de treinamento com variáveis qualitativas e quantitativas simultaneamente, modelagem de diversas variáveis e suas relações não lineares, o que pode justificar o desempenho superior das RNA em relação aos modelos de regressão (HAYKIN, 2001).

O uso de RNA na ciência florestal é relativamente recente, porém, a utilização dessa técnica para se obter a estimativa de diversos parâmetros florestais tem sido frequente, e muitas vezes os resultados têm sido mais precisos do que os obtidos por regressão, pois não há tendenciosidade devido a possibilidade de uso de diversas variáveis.

Diversos trabalhos foram desenvolvidos aplicando redes neurais artificiais na estimativa de variáveis como volume e altura (GORGENS *et al.*, 2009; CASTRO *et al.*, 2013; BINOTI *et al.*, 2014), no entanto, ainda são escassos os trabalhos envolvendo a avaliação do crescimento e a aplicação de técnicas como RNA em plantios comerciais na região norte do Brasil.

Assim este trabalho teve como objetivo analisar a aplicação de RNA na estimativa de altura de um plantio de eucalipto no distrito de Monte Dourado, Almeirim – Pará, comparando-as com as estimativas obtidas por meio de regressão não-linear.

Material e Métodos

Caracterização da área

O estudo foi realizado com dados provenientes dos plantios clonais de *Eucalyptus urophylla*. T. Blake do Grupo JARI S/A, localizados no distrito Monte Dourado, Almeirim, ao norte do estado do Pará e as margens do rio Jari.

O clima local é do tipo tropical – Am segundo a classificação de Köppen-Geiger, com temperatura média de aproximadamente 27°C, e umidade relativa do ar com valores entre 80% e 85% durante quase todo ano. A área do plantio é da classe de solo Latossolo amarelo e a média anual de pluviosidade é de 2231 mm, sendo os meses de maio e outubro os mais chuvosos e secos, respectivamente, com precipitação média de 323 mm e 50 mm (IFT, 2010).

Coleta de dados

Os dados utilizados nesse trabalho foram obtidos a partir de inventário florestal contínuo de um plantio estabelecido em 2011 em espaçamento de 3 m x 2 m, em que as parcelas permanentes foram instaladas no ano de 2013. Foram utilizados dados de 12

parcelas circulares com área de 500 m² medidas anualmente no período de 2013 a 2017. Em cada parcela foram medidas a circunferência a altura do peito (CAP (cm)) obtida a 1,30 m do solo de todas as árvores e a altura total (Ht (m)) de 9 árvores, totalizando 540 indivíduos.

Para o ajuste da equação hipsométrica e treinamento das redes o banco de dados foi dividido aleatoriamente em dois grupos, 70% para o ajuste e treinamento, e 30% para validação, totalizando 378 e 162 indivíduos em cada grupo, respectivamente.

Análises estatísticas

O modelo de regressão avaliado foi o modelo não-linear de Gompertz (Equação 1). A equação foi ajustada utilizando o software CurveExpert.

$$Ht = \beta_0 [e^{-e^{\beta_1 - \beta_2 DAP}}] + \varepsilon$$

Equação 1: Equação de Gompertz

Este modelo vem sendo usado na mensuração florestal para a estimativa de altura com sucesso (MOTTA *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017), pela sua facilidade de ajuste e simplicidade, além de ser um modelo não-linear, o que permite comparar seus resultados com os gerados pelas RNA que também trabalham com não-linearidade.

A estimativa de altura por meio das RNA foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Binoti (2013b), por meio do treinamento de redes do tipo *perceptron* de múltiplas camadas, conhecidas como MLP (*Multilayer Perceptron*). Na camada de entrada foram usadas as variáveis (DAP, Ht), e na camada saída a variável altura total (Ht).

Foram treinadas cinco redes com duas camadas de entrada, oito camadas ocultas e uma de saída, com função de ativação do tipo sigmoide.

A equação ajustada e RNA treinada foram avaliadas por meio do coeficiente de correlação múltipla entre as alturas observadas e estimadas, a raiz quadrada do erro médio (RQEM), BIAS, análise gráfica da distribuição de resíduos e do erro-padrão da estimativa ($S_{y.x}$), sendo este usado apenas para a avaliação da regressão.

Resultados e discussão

Os valores de mínimo, médio e máximo para a altura total, altura dominante e DAP foram semelhantes para os dados de ajuste e validação (Tabela 1).

Idade (meses)	Dados ajuste									
	Ht (m)					DAP (cm)				
	Min	Méd	Max	Desv. Pad.	Var.	Min	Méd	Max	Desv. Pad.	Var.
24	10,00	14,30	17,00	0,66	0,43	5,09	9,48	13,11	0,56	0,32
36	8,30	16,59	21,00	1,04	1,09	5,25	10,63	15,28	0,96	0,93
48	9,20	19,60	24,00	1,10	1,20	5,57	12,28	17,38	1,03	1,06
60	10,50	22,09	27,30	1,27	1,61	5,79	13,27	19,26	0,93	0,87
72	13,80	24,83	30,50	1,44	2,08	6,18	14,65	20,94	1,23	1,51

Idade (meses)	Dados validação									
	Ht (m)					DAP (cm)				
	Min	Méd	Max	Desv. Pad.	Var.	Min	Méd	Max	Desv. Pad.	Var.
24	9,50	14,26	16,60	1,94	3,75	5,09	9,69	12,35	2,19	4,80
36	10,30	16,83	20,60	2,52	6,37	5,41	11,23	15,60	2,65	7,00
48	11,50	18,99	23,80	3,92	15,35	5,44	11,80	17,25	3,63	13,15
60	12,40	21,91	26,00	4,15	17,25	5,73	13,27	18,33	3,68	13,53
72	12,00	23,98	29,20	4,62	21,35	6,40	13,96	19,35	4,04	16,31

Tabela 1 – Caracterização dendrométrica do povoamento. DAP = Diâmetro a Altura do Peito, Ht = Altura total. Min = Mínimo, Méd = Médio, Max = Máximo, Desv. Pad. = Desvio Padrão, Var. = Variância.

A tendência de crescimento em altura foi a mesma para os dois conjuntos de dados, como mostra a Figura 1.

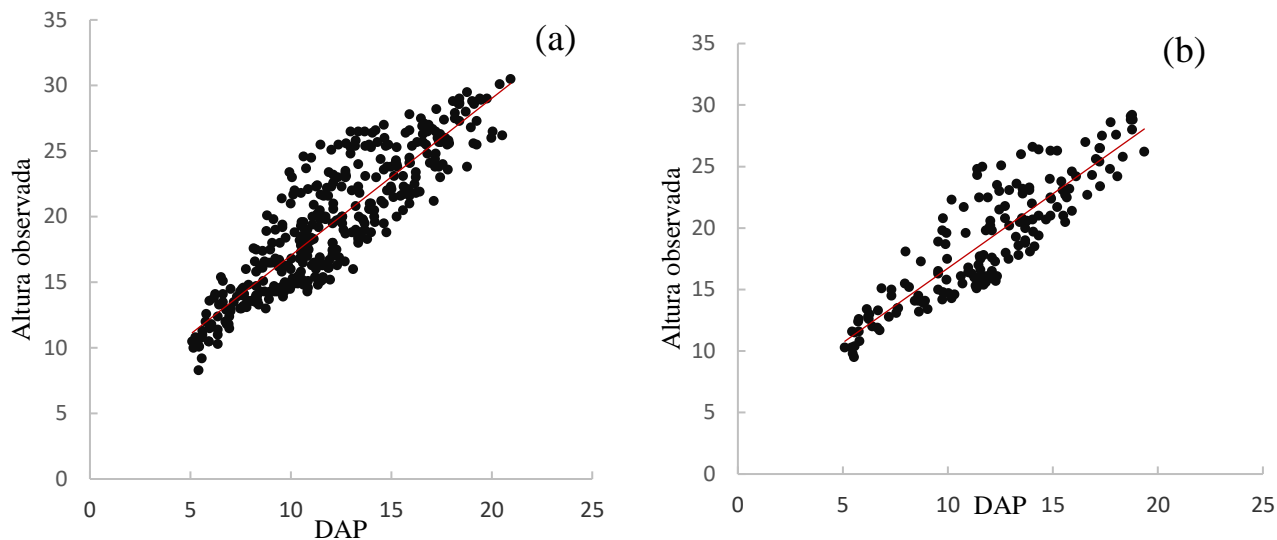


Figura 1 – Altura observada em relação ao DAP (a) ajuste (b) validação.

Todos os coeficientes da equação ajustada foram significativos para um nível de significância (α) igual a 5% (Tabela 2).

β_0	β_1	β_2	$S_{y,x}$	Ajuste			Validação		
				$r_{hx\hat{h}}$	RQEM (%)	BIAS (%)	$r_{hx\hat{h}}$	RQEM (%)	BIAS (%)
39,5190	0,7266	0,0904	2,3277	0,885	11,87	0,004	0,885	12,08	1,594

Tabela 2 - Coeficientes e medidas de precisão para o ajuste e validação da equação.

Ainda de acordo com a Tabela 2, os valores do RQEM foram iguais a 11,87% e 12,08%, pra o ajuste e validação respectivamente, valores esses superiores aos encontrados por VENDRUSCOLO *et al.* (2015a) que usaram a equação de Gompertz para estimativa de altura de árvores de eucalipto em três fazendas no sudeste do Mato Grosso em que a RQEM de ajuste foi de 9,46% e igual a 9,57% para os dados de validação.

Garcia *et al.* (2006) obtiveram resultados melhores para o erro padrão da estimativa utilizando a equação de Gompertz para a estimativa de altura em plantios de *Pinus taeda* L. com espaçamentos de 2 x 1 m e 2,5 x 1 m, onde os valores encontrados de $S_{y,x}$ foram de 0,3121 e 0,3564, respectivamente, enquanto ao encontrado neste estudo foi de 2,3277.

O BIAS apresentou valores de 0,004% no ajuste e 1,594% na validação, valores superiores ao encontrado por RODRÍGUEZ-SHADE *et al.* (2010), que encontraram BIAS equivalente a -0,0011% para plantios de *Pinus maestrensis* Bisse.

Por meio do gráfico de dispersão das alturas estimadas em relação as alturas observadas (Figura 2), pode-se perceber uma mesma tendência no comportamento da equação para os dados de ajuste e validação, em que ambas apresentam uma leve subestimação nas alturas menores.

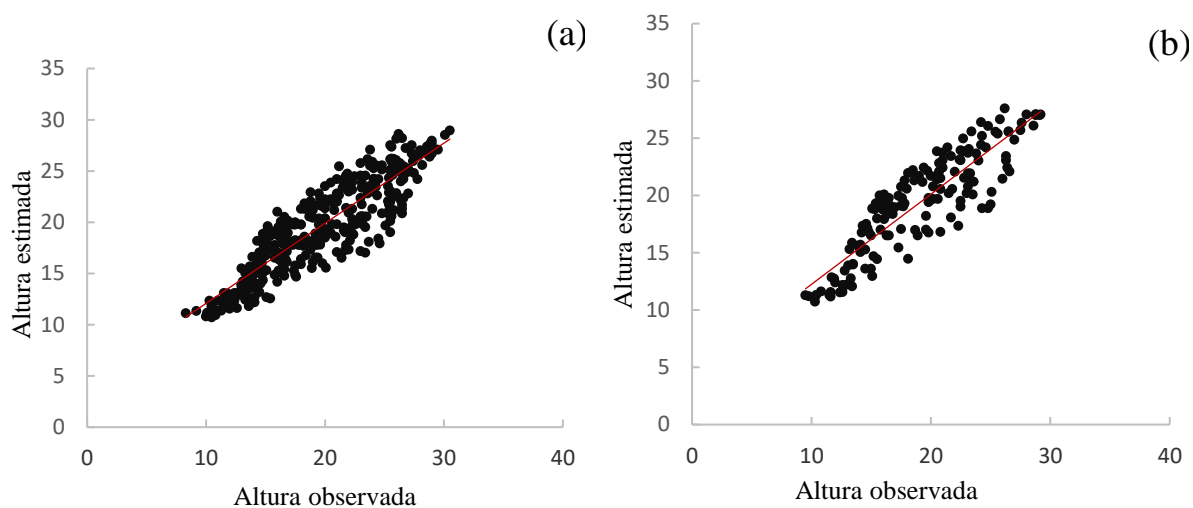


Figura 2 - Gráfico de dispersão da altura estimada pela a equação de em função da altura observada. (a) Ajuste e (b) Validação.

Os gráficos de dispersão dos resíduos da equação em função do DAP (Figura 3) apresentaram-se bem distribuídos tanto para os dados de ajuste quanto para a validação.

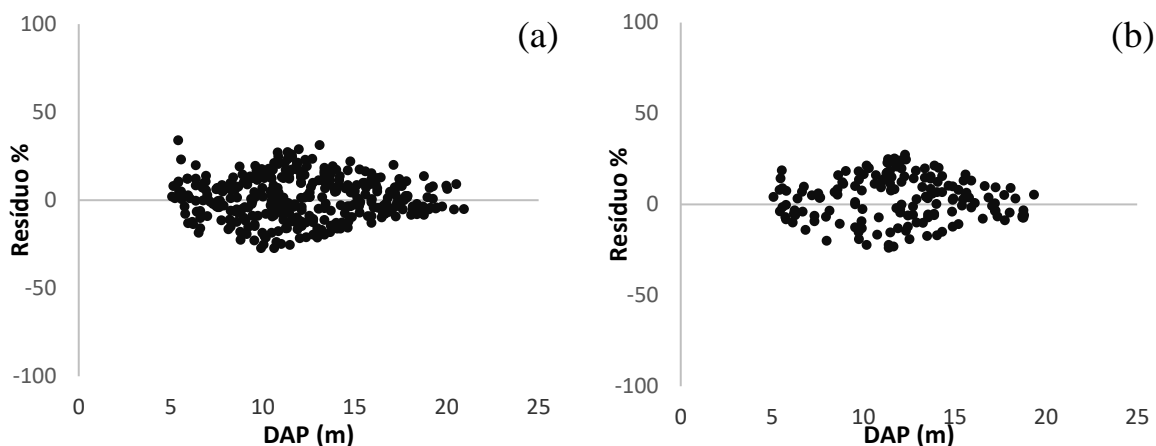


Figura 3 - Gráfico de dispersão dos resíduos em função ao DAP, onde, (a) ajuste, e (b) dados de validação.

Em relação às RNA treinadas, a rede número três que obteve melhor resultado sendo os seus parâmetros estatísticos apresentados na Tabela 3.

Ajuste			Validação		
$r_{hx\hat{h}}$	RQEM (%)	BIAS (%)	$r_{hx\hat{h}}$	RQEM (%)	BIAS (%)
0,885	2,311	0,0061	0,884	2,290	0,284

Tabela 3 - Parâmetros estatísticos da RNA treinada.

Vendruscolo (2017) ao usar a equação de Gompertz e redes neurais para a estimativa de altura de *Tectona grandis* L.f em diferentes espaçamentos, onde para o espaçamento de 3 m x 2 m, encontrou valores de correlação iguais a 0,89 para as estimativas de altura obtidas pela equação e 0,90 para as estimativas de altura obtidas pela RNA. Esses valores foram superiores aos obtidos nesse estudo.

Em relação às demais estatísticas a RNA obteve melhores resultados se comparada com a regressão, confirmando os resultados encontrados em outros trabalhos (BINOTI, 2012; CAMPOS, 2016; MARTINS, 2016).

O mesmo comportamento encontrado para a regressão no gráfico de distribuição da altura estimada em relação à altura observada foi apresentado pela RNA (Figura 4).

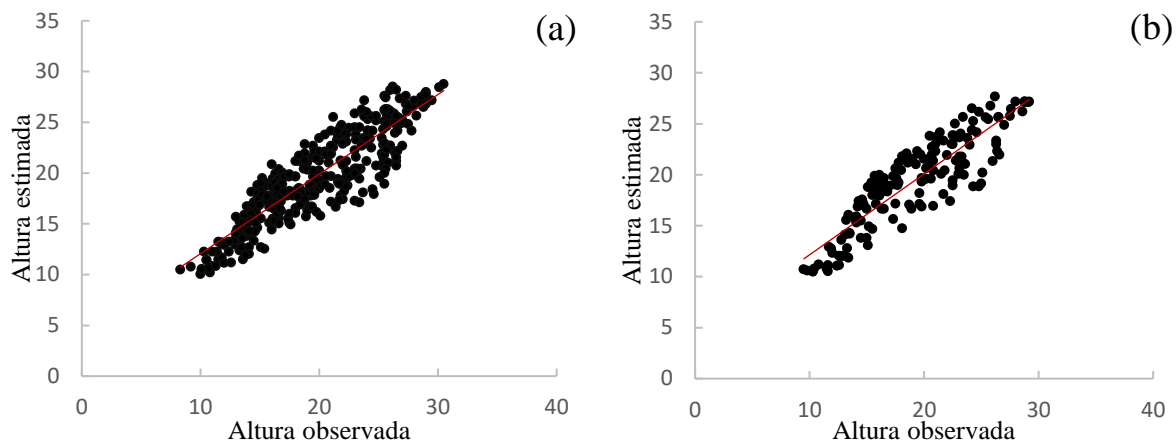


Figura 4 - Gráfico de dispersão de altura estimada em função a altura observada, onde (a) corresponde ao ajuste e (b) validação.

A RNA também apresentou uma distribuição gráfica de resíduo semelhante aos obtidos pela regressão (Figura 5).

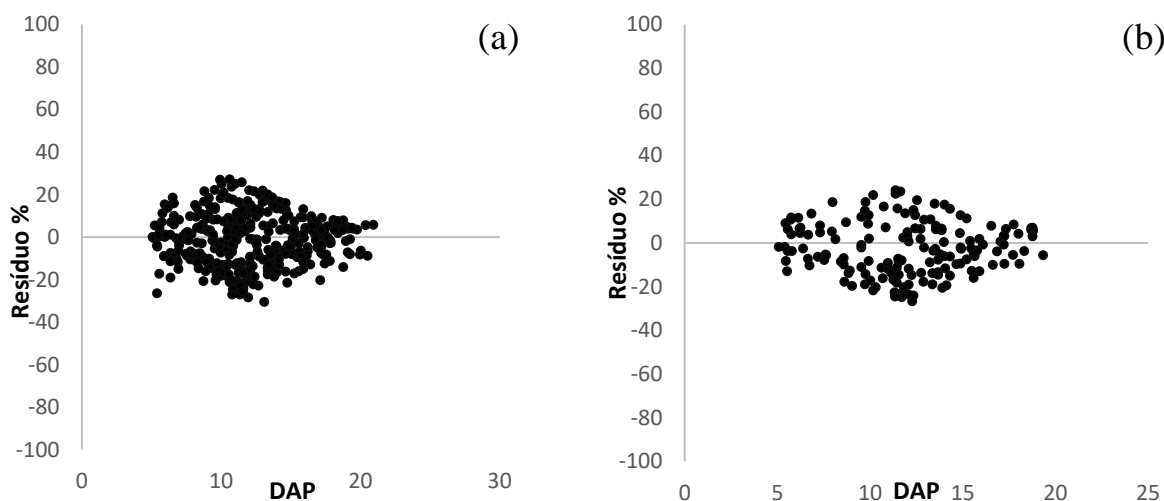


Figura 5 - Gráfico de dispersão dos resíduos da RNA treinada em função ao DAP, onde, (a) ajuste, e (b) validação.

As estimativas de BIAS e RQEM obtidas nesse trabalho foram superiores para as RNA, diferentemente dos resultados apresentados por Silva (2016b), que, em um trabalho para avaliar altura de eucalipto em dois tipos de espaçamentos em um sistema silvipastoril encontrou resultados semelhantes de BIAS e RQEM para RNA e modelos de regressão

não-lineares. Em relação aos gráficos de resíduos, o mesmo autor também não encontrou diferenças marcantes na distribuição de resíduos para os dois métodos.

Almeida *et al.* (2015), também não constataram grandes diferenças em relação ao uso da regressão e RNA na distribuição gráfica de resíduos, e afirmam que fatores de estrutura e distribuição paralela, rapidez no aprendizado e capacidade de generalizar, podem justificar a superioridade das RNA em relação aos modelos de regressão.

Conclusão

Os dois procedimentos avaliados são eficientes para estimativa da altura de árvores de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, entretanto, a RNA foi superior nos indicadores estatísticos em relação à regressão.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, T. G; SOARES, A. A. V; CORTÊ, A. P. D; LEITE, H. G. **Redes neurais artificiais para estimativa de altura em povoamentos de *Araucaria angustifolia*. 5º Congresso Florestal Paranaense, Curitiba, Paraná, Brazil, outubro, 2015.**

BINOTI, D. H. B; BINOTI, M. L. M. S; LEITE, H. G. **Configuração de redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores.** *Ciência da Madeira*, v. 5, n. 1, p. 58-67, 2014.

BINOTI, D. H. B; BINOTI, M. L. M. S; LEITE, H. G; SILVA, A.. **Redução Dos Custos Em Inventário De Povoamentos Equiâneos.** *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v.8, p.125-129, 2013a. Recife, PE, UFRPE.

BINOTI, M. L. M. S. **Emprego de Redes Neurais Artificiais em mensuração e manejo florestal.** Tese (Ciência Florestal) Viçosa, Minas Gerais, 2012. 130f.

BRAGA, A. P.; CARVALHO A. P. L. F.; LUDEMIR, T. B. **Redes Neurais Artificiais Teoria e Aplicações.** LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000. 262p.

- CAMPOS, B. P. F; SILVA, G. F; BINOTI, D. H. B; MENDONÇA, A. R; LEITE, H. G. **Predição da altura total de árvores em plantios de diferentes espécies por meio de redes neurais artificiais.** Pesquisa florestal brasileira., Colombo, v. 36, n. 88, p. 375-385, out./dez. 2016.
- CASTRO, R. V. O; SOARES, C. P. B; LEITE, H. G; SOUZA, A. L; NOGUEIRA, G. S; MARTINS, F. B. **Individual growth model for Eucalyptus stands in Brazil using artificial neural network.** International Scholarly Research Notices (ISRN) Forestry, v. 013, p. 1-12, 2013.
- CASTRO, R. V. O; SOARES, C. P. B; MARTINS, F. B; LEITE, H. G. **Crescimento e produção de plantios comerciais de eucalipto estimados por duas categorias de modelos.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.48, n.3, p.287-295, mar. 2013.
- GORGENS, E. B; LEITE, H. G; SANTOS, H. N; GLERIANI, J. M. **Estimação do volume de árvores utilizando redes neurais artificiais.** Revista Árvore, v. 33, n. 6, p. 1141-1147, 2009.
- HAYKIN, S. **Redes Neurais: Princípios E Prática.** Porto Alegre, 2001. 900 p.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório 2017.** 80 p.
- Instituto Floresta Tropical, IFT. **Diagnóstico econômico-ambiental do município de Almeirim, Pará.** Belém, 2010. 134 p.
- KEPPLER, G. C. F; MOTA JR., J. A; SILVA, R. P; BENTES, E. S. **Análise e perspectivas para o desenvolvimento da silvicultura no estado do Pará.** Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v. 7, n. 13, jul./dez. 2011.
- LEITE, H. G; NOGUEIRA, G. S; MOREIRA, A. M. **Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus Taeda* L..** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.603-612, 2006.

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.

MARTINS, E. R; BINOTI, M. L. M. L; LEITE, H. G; BINOTI, D. H. B; DUTRA, G. C. **Configuração de redes neurais artificiais para estimação da altura total de árvores de eucalipto.** *Agrária*, Recife, V.11, n2, p. 117-123, 2016.

MATOS, G. S. B; SILVA, G. R; GAMA, M. A. P; VALE, R. S; da ROCHA, J. E. C. **Desenvolvimento inicial e estado nutricional de clones de eucalipto no nordeste do Pará.** *Acta amazônica* vol. 42(4) 2012: 491 – 500

MOTTA, A. S; ALMEIDA, E. J; VENDRUSCOLO, D. G. S; SOUZA, H. S; MEDEIROS, R. A; SILVA, R.S. **Modelagem da altura de *Tectona grandis* L. f. clonal e seminal.** *Rev. Bras. Biom.*, Lavras, v.34, n.3, p.395-406, 2016.

RODRÍGUEZ-SHADE, L; BRAVO-IGLESIAS, J. A; TORRES – CÁRDENAS, V; MONTALVO-GUERRERO, J.M; ÁLVAREZ-GÓNGORAS, Y; MOGENA-NAVARRO, O. **Modelación matemática del crecimiento del diámetro y la altura de pinus maestrensis bisse en la unidad silvícola guisa.** *Revista Forestal Baracoa* vol. 29 (2), julio-diciembre 2010 Artículo científico, pp. 33-41.

SANTAROSA, E; PENTEADO JR, J. F; GOULART, I. C. G. R. **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda.** Brasília, DF. EMBRAPA, 2014. 138 p.

SANTOS, A. C. A; SILVA, S; LEITE, H. G. **Influência da variabilidade edafoclimática no crescimento de clones de eucalipto no Nordeste baiano.** *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 37, n. 91, p. 259-268, jul./set. 2017.

SILVA, M. O. **Modelagem do crescimento em diâmetro e altura de árvores de eucalipto.** 2016a. 55f. Dissertação (Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

SILVA, S; NETO, S. N. O; LEITE, H. G; OBOLARI, A. M. M; SCHETTINI, B. L. S. **Avaliação do uso de regressão e rede neural artificial para modelagem do afilamento do fuste de eucalipto em sistema silvipastoril.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.23; p. 192-199, 2016b.

VENDRUSCOLO, D. G. S, DRESCHER, R; SOUSA, H. S; SILVA, R. S. **Estratificação hipsométrica em plantios de eucaliptos na região sudeste de mato grosso.** Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer – Goiânia. V.2, n.03; p. 52. 2015b.

VENDRUSCOLO, D. G. S; CHAVES, A. G. S; MEDEIROS, R. A; SILVA, R. S; SOUZA, H. S; DRESCHER, R; LEITE, H. G. **Estimativa da altura de árvores de *Tectona grandis* L.f. utilizando regressão e redes neurais artificiais.** Nativa, Sinop, v.5, n.1, p.52-58, jan./fev. 2017.

VENDRUSCOLO, D. G. S; DRESCHER, R; SOUSA, H. S; MOURA, J. P. V. M; MAMORÉ, F. M. D; SIQUEIRA, T. A. S. **Estimativa Da Altura De Eucalipto Por Meio De Regressão Não Linear E Redes Neurais Artificiais.** Ver. Bras. Biom., São Paulo, v33, n4, p.556-569, 2015a.

VIANA, R. B; RIOS, E. C. S. V; OLIVEIRA, P. G. **A monocultura do eucalipto feita por empresas e grupos sociais no norte do estado do Espírito Santos. Conhecimento em Destaque,** Serra, ES, v. 05, n. 12, jan./jun. 2016.

Normas de formatação - Revista Agro@ambiente

Estrutura do documento - Papel A4, digitado em espaço duplo, fonte Times New Roman, estilo normal, corpo 12, recuo do parágrafo por 1 cm (não usar tabulação). Todas as margens deverão ter 2,5 cm. Os números de páginas devem ser colocados na margem superior, à direita.

Os títulos: Resumo, Palavras-chave, Abstract e Key words devem ser escritos com apenas a inicial maiúscula, em negrito, em times new roman 10, alinhado à esquerda e separado do texto por um traço (-).

Os títulos das seções da estrutura (exceto resumo, palavras-chave, abstract e key words) deverão ser escritos com apenas a inicial maiúscula, em negrito, fonte times new roman 14, alinhado à esquerda e separados do texto por um espaço duplo.

O et al. deve ser grafado em itálico.

Estrutura do texto

Título em português - deve ser centralizado, fonte times new Roman 14, em negrito e escrito com apenas a inicial maiúscula, com no máximo 20 palavras ou 100 caracteres.

Título em inglês – deve ser centralizado, fonte times new roman 14, em itálico e escrito com apenas a inicial maiúscula.

Resumo (Abstract) - deve conter no mínimo 200 palavras e no máximo 250 palavras em times new roman 10, justificado.

Palavras-chave (key words)- deve conter entre três e cinco termos para indexação, os quais não devem constar no título. Cada palavra-chave (key word) deve iniciar com letra que as

Tabelas: serão denominadas de Tabela, numeradas consecutivamente com algarismos arábicos na parte superior. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais devem ser

usadas para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma no final da tabela. Cada dado deve ocupar uma célula distinta. Usar espaço duplo. NÃO USAR NEGRITO OU LETRA MAIÚSCULA NO CABEÇALHO. Recomenda-se que as Tabelas largura de 8,2 a 17 cm e no máximo uma lauda em espaço 2. No texto a palavra Tabela ou Figura deve ser grafada com a primeira letra maiúscula. Ex. Na Tabela 1... Explicações da Tabela no rodapé deve ter fonte Times New Roman tamanho 10.

Figuras: gráficos, fotografias ou desenhos levarão a denominação geral de Figura sucedida de numeração arábica crescente e legenda na parte inferior. Para a preparação dos gráficos deve-se utilizar “softwares” compatíveis com “Microsoft Windows” (“Excel”). As figuras devem apresentar 8,2 cm de largura, não sendo superior a 17 cm. A fonte empregada deve ser a Times New Roman, corpo 10 e não usar negrito na identificação dos eixos. As linhas dos eixos devem apresentar largura de 2,5 pontos de cor preta. Tabelas e Figuras devem ser inseridas logo após à sua primeira citação.

Equações: devem ser digitadas usando o editor de equações do Word, com a fonte Times New Roman. As equações devem receber uma numeração arábica crescente. As equações devem apresentar o seguinte padrão de tamanho:

Inteiro = 12 pt

Subscrito/sobrescrito = 8 pt

Sub-subscrito/sobrescrito = 5 pt

Símbolo = 18 pt

Subsímbolo = 14 pt

Estas definições são encontradas no editor de equação no Word.

Literatura científica citada: deverão ser apresentadas em ordem alfabética de autores e de acordo com as normas da ABNT- NBR 6023, com as adaptações contidas nos exemplos de Referências.

Devem ser de fontes atuais (com menos de dez anos de publicação) e de periódicos. Exige-se que no mínimo 70% DAS REFERÊNCIAS sejam DE PERIÓDICOS CIENTÍFICOS INDEXADOS.

Com relação aos periódicos, é dispensada a informação do local de publicação, porém os títulos devem ser grafados em negrito e não fazer abreviações. Recomenda-se um total de 20 a 30 literaturas científicas citadas para Artigo Científico Original, entre 30 e 70 citações para Artigo de Revisão Temática e de 10 a 20 literaturas científicas citadas para Nota Técnica e Relatos de Caso.