



USO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NAS ESTIMATIVAS DA ALTURA COMERCIAL E VOLUME DE ÁRVORES DE *Araucária angustifolia* EM ÁREA DE MATA NATIVA REMANESCENTE

Laura Rigo¹; Dienifer da Silva Schmoeller²; Alan Schreiner Padilha³

INTRODUÇÃO

Devido ao potencial madeireiro e ao alto valor agregado da madeira de araucária (*Araucária angustifolia*), principalmente no comércio exterior, existe a necessidade de estudos que considerem esta espécie (BERTOLINI, 2013).

A exploração irracional da araucária ocorreu por razões de falta de conhecimento sobre elementos fundamentais sobre o manejo sustentável (HESS, 2018). Com o intuito de proteger e preservar os últimos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista (FOM) assim como as árvores de *araucária*, o manejo e o uso desta espécie está sob numerosas restrições (NUTTO, 2001). Para garantir a sua conservação, é fundamental que sejam realizadas pesquisas e na medida do possível, a sua utilização racional por meio do manejo florestal (JÚNIOR *et al.*, 2013).

De acordo com Vanclay (1994), para que sejam realizadas inferências e prescrições em uma floresta, é necessário conhecer o crescimento das árvores, ou seja, o aumento de suas dimensões em um determinado período de tempo. Desta forma, o problema está em conhecer o seu crescimento.

Segundo Almeida (2015), estimativas dendrométricas como a altura são importantes para a prognose do comportamento das árvores em determinado local, sendo a variável mais utilizada na classificação dos sítios (altura dominante e codominante). Outra estimativa requerida para o manejo sustentável é o estoque de crescimento, o qual é frequentemente expresso em termos de volume de madeira (BINOTI, 2014).

¹ Aluno do Instituto Federal Catarinense, Videira. Curso técnico em agropecuária. E-mail: laura.rigo.cetesc@gmail.com

² Aluno do Instituto Federal Catarinense, Videira. Curso técnico em agropecuária. E-mail: schmoellerdienifer@gmail.com

³ Professor Orientador do Instituto Federal Catarinense, Videira. Curso técnico em agropecuária. E-mail: alan.padilha@ifc.edu.br



As alturas das árvores são determinadas normalmente por métodos indiretos com o auxílio de instrumentos específicos, diretos podendo ser pelo abate de árvores e também com base nestas e outras variáveis, por meio da utilização de modelos de equações lineares e não lineares. O uso destas técnicas tradicionais tornam-se limitadas em áreas florestais densas pela falta de visibilidade, em condições meteorológicas adversas, são dependentes da aferição dos instrumentos e experiência ou habilidade do seu operador e pela impossibilidade ou inviabilidade de derrubada de árvores de determinadas espécies.

Para estimar o volume são empregadas técnicas de inventário florestal para o emprego de equações adequadas com a população. Estes modelos são oriundos de procedimentos de cubagem rigorosa, que de modo geral são onerosas e utilizam métodos destrutivos.

A aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA) apresenta-se como uma alternativa para contornar limitações apresentadas por métodos tradicionais e para minimizar custos (SILVA *et al*, 2014).

As redes neurais artificiais (RNA's) são sistemas paralelos compostos por unidades de processamento simples que computam funções matemáticas. Os modelos de RNA não precisam de suposições sobre as relações existentes entre as variáveis empregadas para o ajuste, basta treinar a rede e ela se ocupa de modelar as relações não-lineares e lineares (BINOTI *et al*, 2014).

Há várias comprovações sobre a eficiência das RNA's no setor florestal. No entanto, a maioria dos trabalhos realizados foram feitos em povoamentos homogêneos em relação à espécie e idade.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A abordagem desta pesquisa foi de cunho quantitativo, aplicando procedimentos experimentais.

Foram utilizados dados oriundos de um inventário florestal com 15 unidades amostrais, realizado no ano de 2008 em uma área de aproximadamente 32,0 ha de mata de araucária localizada no município de São Mateus do Sul – PR.

As redes neurais artificiais do tipo perceptrons de múltiplas camadas ou como são mais conhecidas *Multilayer Perceptron* (MLP) foram obtidas, utilizando o software *Python*.



A variável de entrada para estimação da altura comercial e do volume foi o DAP (diâmetro à altura do peito). Para as duas estimativas foram empregados para o treinamento 50%, 25% e 10% da base de dados, com o total de 233 árvores.

Realizaram-se testes com 5, 10 e 20 neurônios na primeira camada oculta e com 2, 5 e 10 neurônios na segunda camada. O número de interações aplicado foi de 1000, 2000 e 10000.

As funções de ativação avaliadas foram a “*logistic*”, “*tanh*” e “*relu*”. Os solucionadores de otimização de peso empregados foram o “*sgd*” e “*adam*”. Para todas estas aplicaram-se 15 processamentos para avaliar a variação do coeficiente de determinação e selecionaram-se as configurações que na predição da altura e do volume de 233 árvores, apresentaram médias estatisticamente iguais com nível de significância de 5% aos dados observados.

As melhores redes neurais foram selecionadas, com base no R^2 e na sua variação, determinada pelo coeficiente de variação. E pelo teste t pareado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nenhuma das configurações para predizer o volume empregando RNA's do tipo perceptrons de múltiplas camadas, com as configurações testadas obtiveram êxito. De acordo com Martins *et al* (2017), as melhores estimativas para o afilamento do fuste de árvores de araucária empregando RNA's foram aquelas que continham a adição da idade nas variáveis de entrada. Martins *et al* (2016), Binoti et al. (2014), testaram RNA's que não encontram resultados adequados para estimar o volume total de árvores de eucalipto. Estes estudos mostram a necessidade de mais avaliações com diferentes entradas e algoritmos para a predição do volume de árvores. No que se refere especificamente a araucária, principalmente aquelas em ambiente natural, o grau de dificuldade pode ser ainda maior, precisando de um número elevado de testes e configurações devido a grande variabilidade de suas características dendrométricas.

A tabela 1 apresenta os resultados para as configurações das RNA's que obtiveram coeficiente de variação menor que 30% para a predição da altura comercial utilizando 25% da base de dados e a tabela 2 os resultados empregando 50% base de dados.



Tabela 1 – Resultados das RNA's utilizando 25% da base de dados

Configuração da RNA				Teste t (p-valor)	R^2	CV (%)
Solver	Activation	Max_iter	Hidden_layer_sizes	hc(m)		
Adam	Relu	1000	10,5	0,33	0,76	13,8
Adam	Relu	1000	20,10	0,34	0,72	20,8
Adam	Relu	2000	20,10	0,63	0,80	12,16
Adam	Relu	10000	20,10	0,07	0,77	14,6

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 2 – Resultados das RNA's utilizando 50% da base de dados

Configuração da RNA				Teste t (p-valor)	R^2	CV (%)
Solver	Activation	Max_iter	Hidden_layer_sizes	hc(m)		
Adam	Relu	10000	10,5	0,06	0,72	23,27
Adam	Relu	10000	20,10	0,05	0,70	7,9

Fonte: Autores, 2022.

Para a estimativa das alturas, as RNA's treinadas com 25% e 50% da base de dados e que utilizaram a função de ativação “relu” e otimizador de peso “adam”, foram eficazes. O melhor resultado alcançado com base no coeficiente de variação, pois para cada processamento o valor apresentado para o R^2 muda de maneira significativa, foi a arquitetura 20-10 e interação de 2000, obtendo $t(p\text{-valor})=0,63$, $R^2=0,80$ e $CV=12,16\%$ para os 25% da base de dados. E, para os 50% da base de dados o melhor resultado foi a arquitetura 20-10 e interação igual a 10000, obtendo $t(p\text{-valor})=0,05$, $R^2=0,70$ e $CV=7,9\%$. Estes resultados devem-se a capacidade de transformação não linear dos dados de entrada realizada pela função de ativação, e ao otimizador de peso que funciona bem em conjuntos de dados maiores, também ser eficiente para dados contínuos.

Para a estimativa de alturas em povoamentos de araucária, Almeida (2015) encontrou resultados superiores aos encontrados por meio de regressão, descrevendo as RNA's como uma ferramenta promissora para predizer esta variável.

Binoti *et al* (2014), em estudo realizado em árvores de eucalipto, povoamento bem mais homogêneo que os citados acima, o autor cita o uso das RNA's para a estimativa de alturas como uma opção que garante alta precisão.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

As configurações aplicadas para as RNA's do tipo MLP para predizer o volume de árvores de araucária podem não ser apropriados para esta finalidade, recomendando-se mais estudos, aplicando mais de uma variável de entrada, além do DAP. Em contra partida, as RNA's que neste estudo alcançaram os melhores resultados, apresentaram-se totalmente viáveis para predizer alturas comerciais de árvores de araucária que se desenvolveram em ambiente natural.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. G. **Comparação entre redes neurais artificiais e modelos tradicionais de regressão para estimar altura e volume em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze.** 2015. 56. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BERTOLINI, I. C. **Dendrometria e morfometria da *Araucaria angustifolia* (bertol.) Kuntze sob diferentes condições de manejo.** 2013. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Dois Vizinhos, 2013.

BINOTI, M. L. M. S. Dedes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.283-288, 2014.

GÖRGENS, E. B. et al. Estimação do volume de árvores utilizando redes neurais artificiais. **Revista Árvore**, v.33, n.6, p.1141-1147, 2009.

HESS, A. F. et al. Dendrocronologia, incremento e manejo florestal em floresta de araucária-SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 1568-1582, out./dez., 2018.

JÚNIOR, E. C. M. et al. Dendrocronologia e definição de ciclos de corte para *Araucaria angustifolia* no Planalto Norte Catarinense. In: I JORNADA ESTADUAL DE ESTUDOS CIENTÍFICOS EM ENGENHARIAS (JEECE), 1, 2016, Curitibanos. **Anais...** Curitibanos, 2016. 43-46. Disponível em:
<https://document.onl/documents/anais-1o-jeece.html>> Acesso em 15 de fev. 2021.



MARTINS, A. P. M. et al. Estimativa do afilamento do fuste de araucária utilizando técnicas de inteligência artificial. **Floresta e Ambiente (Floram)**. p. 10, 2017.

MARTINS, A. P. M. et al. Configuração de redes neurais artificiais para estimação do afilamento do fuste de árvores de eucalipto . **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias** . p. 33-38, 2016.

NUTTO, Leif. Manejo do crescimento diamétrico de Araucaria angustifolia (Berto.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n.2, p. 9-25, 2001.

SILVA, P. V. et al. Estimação do volume de árvores de eucalipto utilizando redes neurais artificiais. In: ATUALIDADES EM MENSURAÇÃO FLORESTAL, 2, 2014, Curitiba. **II Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal**. Curitiba, 2014. 84-87. VANCLAY, J. K. **Modeling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Wallingford: CAB International, 1994.