



Redes neurais artificiais para estimar o nitrogênio da serapilheira acumulada.

Roberto Rorras dos Santos Moura⁽¹⁾; William Macedo Delarmelina⁽²⁾; Marcos Vinicius Winckler Caldeira⁽³⁾; Daniel Henrique Breda Binoti⁽⁴⁾; Sebastião da Fonseca⁽⁵⁾; Paulo Henrique de Souza⁽²⁾.

⁽¹⁾ Mestrando, Universidade Federal do Espírito Santo; Jerônimo Monteiro, Espírito Santo; rorrasroberto@hotmail.com; ⁽²⁾ Doutorando, Universidade Federal do Espírito Santo; ⁽³⁾ Professor, Universidade Federal do Espírito Santo; ⁽⁴⁾ Pós-Doc, Universidade Federal do Espírito Santo; ⁽⁵⁾ Especialista Sênior, Fibria Celulose S.A.

RESUMO: Estudos relacionados à contribuição dos nutrientes via serapilheira acumulada são essenciais para verificar a ciclagem dos nutrientes e manutenção da floresta. O objetivo desse trabalho foi propor, construir e validar um modelo para estimar a quantidade de N da serapilheira acumulada em povoamentos de eucalipto por meio da utilização de Redes Neurais Artificiais (RNA). Foi utilizado um banco de dados obtidos em um plantio comercial de eucalipto situado no município de Aracruz, estado do Espírito Santo, nos quais foram coletados em 4 parcelas (30 x 30m), com três idades (10, 11 e 12 anos), separado em três frações (folhas; galhos/casca; total). Para o treinamento e generalização da RNA, foi utilizado o tipo Multilayer Perceptron (MLP), como Função de Ativação Sigmoidal, na camada oculta e de saída, como algoritmo o *resilient propagation*. Para o treinamento e avaliação das redes foi utilizado o software NeuroForest 3.3. Testaram-se as configurações, e obtiveram-se coeficientes de correlação superiores a 0,76 no treinamento e 0,78 na generalização. As RNA podem ser utilizadas de maneira eficiente para estimação do N na serapilheira acumulada em povoamentos *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Termos de indexação: treinamento e generalização, Multilayer Perceptron, NeuroForest.

INTRODUÇÃO

Estudos relacionados à contribuição dos nutrientes via serapilheira acumulada são essenciais para verificar a ciclagem dos nutrientes e manutenção da floresta. Vários fatores colaboram para essa ciclagem, sendo a composição química dos resíduos vegetal, a precipitação fluvial, temperatura, idade, densidade do plantio, espécie entre outros (Thomas & Asakawa, 1993; Leite, 1996).

Na serapilheira acumulada, o N apresenta uma importância inquestionável para o solo, por ser um nutriente que está relacionado diretamente com a velocidade de mineralização (Thomas & Asakawa, 1993; Froufe, 1999).

Estudos para quantificar o N e demais nutrientes são comuns, utilizando métodos tradicionais de coleta da serapilheira, por meio de um gabarito de madeira, separados em amostras, e posteriormente encaminhadas aos laboratórios de análises de tecido vegetal. Porém, a realização desse tipo de amostragem demanda um longo período de tempo, tornando sua viabilidade financeira muitas vezes inviável.

Em razão disso, buscou-se uma metodologia alternativa para a estimativa do N da serapilheira acumulada, utilizando a aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA). Segundo Haykin (2001), Braga et al. (2007) as redes são sistemas computacionais paralelos formados por unidades de processamento simples, também conhecidas por neurônios artificiais ou nodos, conectadas entre si de modo específico para realizar determinada trabalho. Os neurônios artificiais são modelos matemáticos simples extraídos dos neurônios biológicos, que processam as informações recebidas e ajustadas por pesos sinápticos, gerando um único resultado (Haykin, 2001; Braga et al., 2007).

Visando criar uma estimativa precisa a quantidade de N presente na serapilheira acumulada, reduzindo os custos de análises químicas, este trabalho teve como objetivo propor, construir e validar um modelo para estimar o N da serapilheira acumulada em povoamentos de eucalipto por meio da utilização de redes neurais artificiais.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição área estudante

As informações utilizadas nesse estudo foram obtidas em um plantio comercial de eucalipto situado no município de Aracruz, estado do Espírito Santo. A área encontra-se na latitude 19° 48' S e longitude 40° 17' W, apresenta altitude média de 34 m. Segundo Köppen o clima da região é caracterizado como do tipo Aw, tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual de 23°C. O solo é caracterizado como Argissolo Amarelo Distrocoeso típico A moderado bem drenado textura médio-argilosa (Embrapa, 2013).



Tratamentos e amostragens

As amostras de serapilheira foram coletadas em 4 parcelas (30 x 30m), com três idades (10, 11 e 12 anos), separado em três frações (folhas; galhos e casca; total). Tendo a biomassa da serapilheira acumulada uma variação de 3.598,88 Kg ha⁻¹ a 17.051,68 Kg ha⁻¹, e os valores das quantidades N de 14,18 a 323,33 g kg⁻¹ no plantio *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Os teores de N, para as frações (folhas, galhos/casca e total) foram obtidos por meio de análises químicas, de acordo com a metodologia de Hildebrand (1976).

Treinamento e avaliação das RNA

Para verificar a influência das variáveis: biomassa acumulada, idade e material vegetal (fração) na estimativa de N, foram ajustadas redes de modo que em cada ajuste uma variável fosse eliminada (**Tabela 1**). Para o treinamento e generalização da RNA, foi utilizado o tipo Multilayer Perceptron (MLP) (Braga et al., 2007).

Como Função de Ativação utilizou-se a Sigmoidal, na camada oculta e de saída, como algoritmo o *resilient propagation*.

Tabela 1 – Características das redes neurais artificiais selecionadas para estimar o N da serapilheira acumulada.

RNA	Arquitetura	Variáveis de entrada		Variável de saída
		Quan.	Qual.	
1	8-8-1	BA	I, MV	N
2	5-8-1	BA	I	N
3	5-8-1	BA	MV	N
4	2-8-1	BA	-	N

Quan.: Quantitativas; Qual.: Qualitativas; BA: Biomassa Acumulada; I: idade; MV: material vegetal e N: nitrogênio.

A estimativa do N foi simulada com base em todas as combinações possíveis das variáveis de entrada, sendo as variáveis quantitativas normalizadas no intervalo de 0 a 1 e as variáveis qualitativas 1-de-N (Heaton, 2011). Foram geradas 50 redes para cada combinação, posteriormente foi escolhida a melhor RNA por meio dos critérios de avaliação da RNA. No processo de treinamento os algoritmos de utilizaram como critérios de parada o erro quadrático médio inferior a 0,01%, ou número total de ciclos (3.000). Para o treinamento e avaliação das redes foi utilizado o software NeuroForest 3.3 disponível gratuitamente em (<http://neuroforest.ucoz.com/>).

Avaliações das RNA's

As análises das estimativas geradas pelas redes foram feitas por meio do coeficiente de correlação (r), raiz quadrada do erro médio (RQME) (Equação 1), histograma de frequência percentual dos erros (%) e análise gráfica dos valores observados e estimados.

$$RQME(\%) = 100 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} / \bar{Y} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: Y = saída observada do N nas análises químicas; \hat{Y} = saída estimada; \bar{Y} = média da saída observada; n = número total de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função do grande número de redes treinadas, foi selecionada uma RNA (para cada variável de entrada) que apresentou valor satisfatório, com base nas características estatísticas obtidas de RQME (%) e correlação entre valores observados e estimados no processo de treinamento e generalização apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Características estatísticas das redes neurais artificiais, selecionadas para estimar o N da serapilheira acumulada.

RNA	Treinamento		Generalização	
	RQME (%)	r	RQME (%)	r
1	138,25	0,99	127,28	0,98
2	140,85	0,98	104,51	0,99
3	148,09	0,95	139,89	0,43
4	136,18	0,86	163,42	0,78

Observa-se que a variável (material vegetal) de entrada não influenciou na melhor estimativa da quantidade de N da serapilheira acumulada, mostrando ainda que uma quantidade maior de variáveis qualitativas, quando não significativas podem não ajudar muito na melhoria de correlação e raiz quadrada do erro médio.

A RNA 3 mesmo apresentando uma correlação de 0,95, não fez com que a rede generalizada atingisse uma melhor correlação. Portanto, demonstra-se que a variável (qualitativa) material vegetal não apresenta característica ideais para estimar a quantidade de N da serapilheira acumulada.

A RNA 2 apresentou valores de correlação e RQME(%), insignificantes comparados com a RNA 1. Assim, demonstra-se que redes menos complexas, com menor número de variáveis



qualitativas, podem ser utilizadas para estimar a quantidade de N na serapilheira acumulada.

A dispersão dos resíduos em função dos valores observados e o histograma de resíduos são apresentados nas Figuras 1 e 2. As RNA utilizadas no estudo para estimar a quantidade de N da serapilheira acumulada, surge como um método possível de acompanhar a ciclagem do N, de forma a reduzir custos com análises químicas.

Com o emprego da metodologia utilizada na obtenção da RNA 2, a próxima análise de N pode ser realizada somente com a quantidade da biomassa acumulada e a idade do povoamento. Porém, o modelo deve ser utilizado para outras situações para comprovação da sua eficiência.

CONCLUSÕES

As RNA podem ser utilizadas de maneira eficiente para estimar o N na serapilheira acumulada em povoamentos *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Porém, para o presente estudo indicasse a RNA 2 por apresentar as melhores características estatísticas e um menor número de variáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fibria Celulose S. A., pela oportunidade de desenvolvimento do estudo.

REFERÊNCIAS

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.

BINOTI, D. H. B. et al. Redução dos custos em inventário de povoamentos equiâneos utilizando redes neurais artificiais. *Agrária*, v. 8, p. 125-129, 2012.

BINOTI, D. H. B. et al. Configuração de redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. *Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.)*, v. 05, n. 01, p. 58-67, 2014.

BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F.; LUDERMIR, T. B. *Redes neurais artificiais: teoria e aplicações*. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília-DF: EMBRAPA-SPI, 2013. 353p.

FROUFE, L.C.M. Decomposição de serapilheira e aporte de nutrientes em plantios puros e consorciados de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acacia mangium* Willd. 1999. 73f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 1999.

GOLDSCHMIDT, R.; PASSOS, E. *Data mining: um guia prático*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 261p.

HAYKIN, S. *Redes neurais: princípios e prática*. Porto Alegre: 2001. 900p.

HEATON, J. *Programming Neural Networks with Encog 3 in Java*. 2.ed. Heaton Research, Incorporated, 2011. 240p.

LEITE, F.P. Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. 1996. 90f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biology & Biochemistry*, v.25, p.1351-1361, 1993.

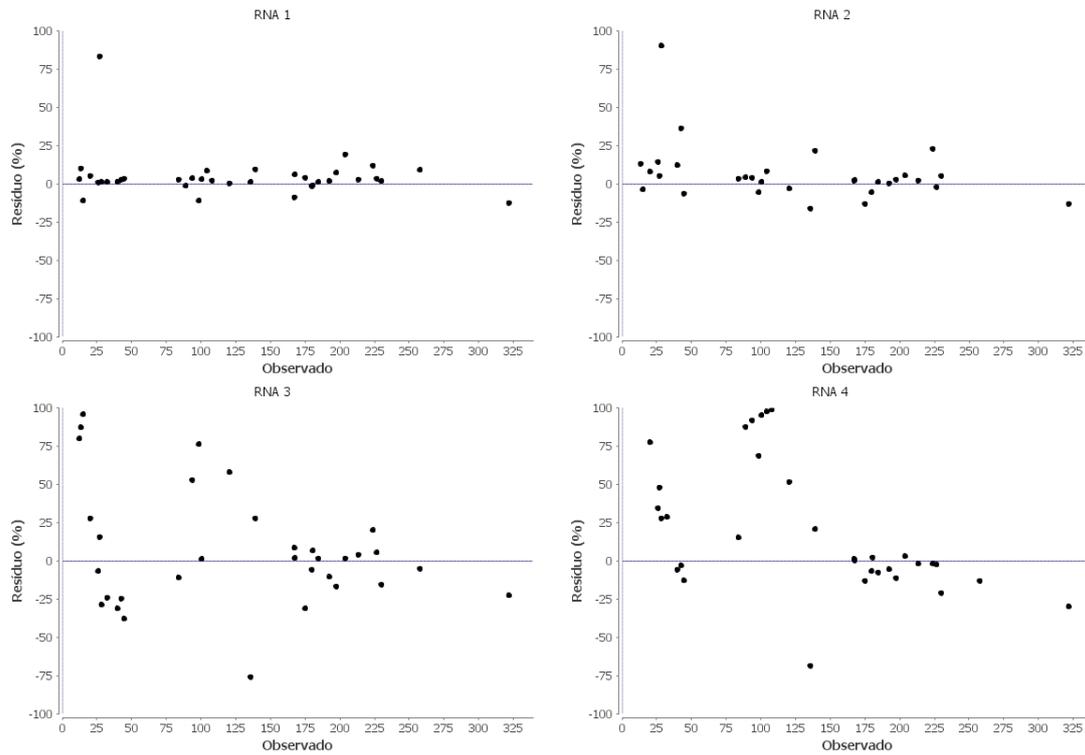


Figura 1 – Dispersão dos erros percentuais das estimativas do N da serapilheira acumulada pelas redes neurais artificiais (y), em função dos valores observados da altura total (x).

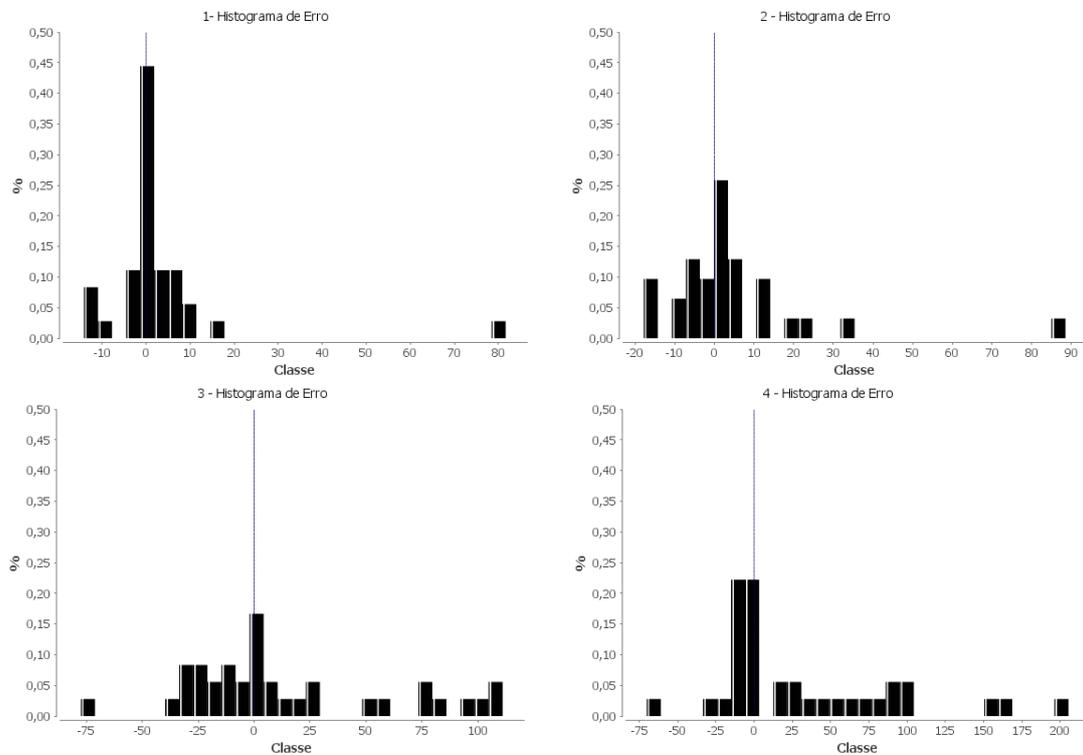


Figura 2 – Frequência percentual dos erros percentuais das estimativas do N da serapilheira acumulada pelas redes neurais artificiais (y) em função das classes de erros percentuais (x). Os números em cada barra indicam os percentuais de casos por classe de erro (%).