

ESTIMATIVA DAS NORMAIS DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSAS E ANUAL NA REGIÃO NORDESTE, UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Roberto Avelino Cecílio¹, Michel Castro Moreira², Salomão de Sousa Medeiros³, José Luiz Cabral da Silva Júnior⁴

ABSTRACT – Air temperature is one of the most important climatic elements due to its influence in plant growth. Thus, many researches make use of regression equations to predict air temperature using geographical coordinate data. Nevertheless, often estimates using those equations aren't sufficiently accurate for practical use. In this paper, artificial neural networks (RNAs) were developed to predict minimum mensal and annual air temperature for the Northeast Region in Brazil. The developed RNAs showed an excellent performance, as given by maximum mean relative error equal to 5.48% and maximum error between 1.4 and 2.3°C. It was concluded that they can be used to predict minimum air temperatures in the studied area.

INTRODUÇÃO

A temperatura do ar, dentre outros elementos climáticos, é responsável por significativas variações na produtividade das culturas. A magnitude da resposta das culturas à temperatura do ar depende do estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra. O conhecimento desse elemento climático é, portanto, fundamental em estudos de planejamento agrícola e análises de adaptação de culturas em regiões climaticamente distintas (Valeriano & Picini, 2000).

Para suprir a limitação de disponibilidade de dados de temperatura, este elemento climático tem sido estimado por intermédio de equações de regressão em função das coordenadas geográficas (Cavalcanti & Silva, 1994; Lima & Ribeiro, 1998; Marin et al., 2003; Medeiros et al., 2005). Todavia, muitas vezes estas equações não possuem acurácia suficiente para serem aplicadas (Lima & Ribeiro, 1998; Marin et al., 2003) ou não apresentam estimativas confiáveis quando aplicadas perto dos limites das coordenadas geográficas ou da altitude (Cavalcanti & Silva, 1994).

A utilização de redes neurais artificiais (RNAs) é uma alternativa potencial para estimativa de variáveis climáticas em substituição às equações de regressão e aos métodos tradicionais de interpolação, pois sua capacidade de “aprender” respostas para diferentes parâmetros de entrada as habilita a descrever problemas de maior complexidade, como a distribuição das temperaturas, conforme realizado por Bryan & Adams (2002) para a China, e por Silva (2003) para a Áustria.

Do exposto o presente trabalho teve por objetivo a estimativa das normais das temperaturas mínimas mensais e anual para a Região Nordeste utilizando-se RNAs.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se dados das normais das temperaturas mínimas mensais e anual, latitude, longitude e altitude de 74 estações climatológicas listadas nas normais climatológicas dos estados do Nordeste brasileiro, fornecidos pelo INMET (BRASIL,

1992). Para o treinamento das RNAs foram escolhidas aleatoriamente 52 estações, enquanto as 22 estações restantes foram utilizadas para teste (Figura 1).



Figura 1. Mapa do Nordeste com as estações utilizadas para treinamento e teste das RNAs.

Para aumentar a capacidade de generalização da RNA, e com a finalidade de reduzir o problema de tamanho da amostra, utilizou-se uma variante da técnica de treinamento por validação cruzada conhecida como deixando um de fora (*leave one out*). Dessa forma definiram-se as melhores arquiteturas e números de ciclos de treinamento que se ajustassem melhor ao problema para então realizar o treinamento de 13 RNAs, sendo uma para cada mês e uma para a média anual. As arquiteturas testadas foram do tipo 3- n_1 - n_2 -1, em que 3 representa o número de entradas do problema (latitude, longitude e altitude), n_1 e n_2 o número de neurônios artificiais nas camadas 1 e 2, respectivamente, e 1 a saída da RNA (valor da temperatura média mensal ou anual). Visando garantir que cada parâmetro de entrada recebesse igual atenção durante o treinamento, tanto os dados de entrada quanto os de saída foram padronizados para o intervalo entre -1 e 1 (MatLab, 2000).

A RNA foi treinada utilizando o algoritmo de aprendizado de retropropagação do erro, com funções de ativação do tipo tangente hiperbólica sigmóide nas camadas intermediárias e linear na de saída. A regra de treinamento utilizada foi a Levenberg-Marquardt. Dentre as RNAs treinadas, utilizou-se o critério de escolha da melhor a que apresentasse o menor erro relativo médio (ERM) e que apresentasse erro absoluto máximo ($EA_{máx}$) menor que 2,5°C para as 74 estações utilizadas para treinamento e teste das RNAs.

¹ Engº Agrícola, Doutorando em Eng. Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG, (031) 3899.2715, (racecilio@yahoo.com.br).

² B. S. Ciência da Computação, Mestrando em Eng. Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG.

³ Engº Agrícola, Doutor em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande - PB.

⁴ Meteorologista, Doutorando em Meteorologia Agrícola, Bolsista CNPq, DEA/UFV, Viçosa - MG.

Na avaliação do desempenho das RNAs utilizou-se o índice de confiança (c), proposto por Camargo & Sentelhas (1997), obtido por intermédio do produto entre o coeficiente de correlação (r) e o índice de concordância (d), proposto por Willmott (1981). Os índices ERM , $EA_{m\acute{a}x}$, c , r e d foram calculados utilizando-se apenas os valores de temperatura mínima observados e estimados para as 22 estações utilizadas na amostra de teste. Para comparar a RNA com equações de regressão existentes para a Região Nordeste, calculou-se ainda o valor do coeficiente de determinação ajustado (R^2) utilizando-se os valores de temperatura observados e estimados para as 74 estações, e não apenas os valores da amostra de teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados a arquitetura final de cada RNA treinada, os índices c , ERM e $EA_{m\acute{a}x}$ e a classificação do desempenho, segundo os critérios de Camargo & Sentelhas (1997), além dos valores de R^2 (para os dados da 74 estações).

Os valores de R^2 apresentados pelas RNAs foram superiores àqueles obtidos nos ajustes de equações de regressão para a estimativa das temperaturas máximas na Região Nordeste (Marin et al., 2003 e Medeiros et al., 2005) e no Piauí (Lima & Ribeiro, 1998). Estes valores também foram superiores àqueles encontrados por Cavalcanti & Silva (1994) em duas das três sub-áreas nas quais os autores dividiram a região Nordeste, sendo inferiores em na sub-área Maranhão / Piauí. Todavia, esta sub-região é justamente aquela na qual as equações de Cavalcanti & Silva (1994) apresentam sérios desvios na estimativa das temperaturas, conforme observado por Medeiros et al. (2005). Ressalta-se que mesmo não utilizando parte das estações para o ajuste das RNAs, estas apresentaram melhores desempenhos, sendo mais indicadas para a estimativa da temperatura máxima.

Tabela 1. Arquitetura e desempenho das RNAs desenvolvidas para estimativa das temperaturas

Mês	Ciclos	n_1	n_2	ERM^*	$EA_{m\acute{a}x}$ (°C)	c^*	Desempenho	R^{2**}
Jan	150	5	4	3,36%	1,6	0,88	Ótimo	0,87
Fev	150	4	4	2,36%	1,5	0,93	Ótimo	0,92
Mar	150	4	2	2,59%	1,7	0,90	Ótimo	0,89
Abr	500	4	5	2,22%	1,4	0,93	Ótimo	0,94
Mai	150	4	1	3,31%	2,2	0,87	Ótimo	0,86
Jun	75	3	5	3,57%	2,3	0,91	Ótimo	0,90
Jul	150	5	2	4,46%	2,3	0,91	Ótimo	0,92
Ago	125	4	4	5,48%	2,3	0,89	Ótimo	0,91
Set	100	5	2	4,91%	2,3	0,89	Ótimo	0,90
Out	75	4	3	3,95%	2,2	0,89	Ótimo	0,88
Nov	50	3	2	4,32%	2,3	0,85	Ótimo	0,85
Dez	150	4	4	2,98%	1,6	0,94	Ótimo	0,94
Ano	200	4	3	2,84%	1,5	0,92	Ótimo	0,92

* calculado com dados das 22 estações da amostra de teste

** calculado com dados de todas as 74 estações

Verifica-se, na Tabela 1, que o ERM máximo apresentado pelas RNAs foi de apenas 5,48%, no mês de novembro, representando um erro relativamente baixo. Observa-se também que todas as RNAs apresentaram $EA_{m\acute{a}x}$ relativamente baixo com valores sempre inferiores a 2,3°C. No geral as RNAs

apresentaram excelente acurácia, obtendo a classificação de desempenho "Ótimo" (c maior que 0,85) em todos os meses e no ano. Estes fatos indicam que as RNAs desenvolvidas podem ser utilizadas com segurança para a estimativa das normais de temperatura do ar máximas mensais e anual na Região Nordeste.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas (1961-1990). Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.
- Bryan, B.A., Adams, J.M. Three-dimensional neuro-interpolation of annual mean precipitation and temperature surfaces for China. Geogr. Anal. 34(2):94-111, 2002.
- Camargo, A.P.; Sentelhas, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Rev. Bras. Agromet., 5:89-97, 1997.
- Cavalcanti, E.P.; Silva, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7, 1994, Belo Horizonte. Anais..., Belo Horizonte: Soc. Brasileira de Meteorologia, 1994, p.154-157.
- Lima, M.G.; Ribeiro, V.Q. Equações de estimativa da temperatura do ar para o Estado do Piauí. Rev. Bras. Agrometeorologia, 6(2):221-227, 1998.
- Marin, F.R.; Pandolfi, H.; Ferreira, A.S. Estimativa das temperaturas máximas, mínimas e médias mensais para o Brasil. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13., Santa Maria, 2003. Anais..., Santa Maria, 2003. (CD-ROM)
- MATLAB software. Version 6.0, The MathWorks, Inc., Natick, MA. 2000.
- Medeiros, S.S.; Cecílio, R.A.; Melo Júnior, J.C.F.; Silva Júnior, J.L.C. Estimativa e espacialização das normais das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental, 2005 (no prelo)
- Silva, A. Neural Networks application to spatial interpolation of climate variables. Report of STSM – Short Term Scientific Mission in ZAMG - Vienna, Austria, 2003. (<http://cost719.met.no/papers>, acesso em: 02-04-2005)
- Valeriano, M.M.; Picini, A.G. Uso de Sistema de Informações Geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. Rev. Bras. Agromet. 8(2):255-262, 2000.
- Willmott, C.J. On the validation of models. Physical Geography, 2:184-194, 1981.