

MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMAR TEMPERATURAS: ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CASA NOVA (BA)

Eucymara França Nunes Santos, UNIVASF¹
Luciano Alves de Jesus Júnior, Embrapa Semiárido Nordeste²

Resumo - Neste trabalho o modelo de regressão linear múltipla foi utilizado para desenvolver três modelos matemáticos de estimativa das temperaturas: mínimas, médias e máximas. Utilizou-se um banco de dados com 2443 observações meteorológicas com as seguintes variáveis: T_{min} (temperatura mínima), T_{med} (temperatura média), T_{max} (temperatura máxima), U_{min} (umidade relativa do ar mínima), U_{med} (umidade relativa do ar média), U_{max} (umidade relativa do ar máxima), R_g (radiação global), V_v (velocidade do vento), e Et₀ (evapotranspiração). Foram ajustadas equações de regressão com e sem intercepto. Na análise de variância foram avaliados o teste F, o quadrado médio do resíduo (QMR), o coeficiente de determinação (R²), e a significância dos parâmetros pelo teste t. Os resultados mostraram que o ajuste de modelos para as estimativas de temperatura é uma alternativa viável para ampliar a base de dados climáticos.

Palavras chave: regressão linear múltipla, temperatura, variáveis climáticas

1. Introdução

O modelo de regressão para estimar as temperaturas mínima, média e máxima são as mais importantes dentre as variáveis climáticas. Têm sido realizados muitos trabalhos para se obter a estimativa da temperatura de diversas estações meteorológicas, nas diversas regiões do Brasil (NETO et al., 2002; ANTONINI et al., 2009).

Em estudos de classificação ecológica, produção de energia, produção agrícola e ambiental, requer a disponibilidade de dados em quantidades suficiente para caracterizar condições satisfatórias, sendo que as estações meteorológicas não disponibilizam dados suficientes das condições climáticas. A estimativa de temperaturas tornou-se um importante auxílio nesses estudos, um método não destrutivo, de boa precisão e de baixo custo.

A análise de regressão múltipla é utilizada para analisar um fator que será explicado por uma multiplicidade de fatores exploratórios para se obter um bom ajuste na explicação da variação total. A função resposta será dada por uma equação com os coeficientes das respectivas variáveis, utilizadas para fazer estimativas. Existem testes que indicam a adequação do modelo, por exemplo, o coeficiente de determinação (R²) irá indicar a medida de adequação do ajuste da equação da reta a variação total (JOHNSON & WICHERN, 1988).

Este trabalho teve como objetivo apresentar equações adequadas para determinar estimativas da temperatura mínima, média e máxima, com a finalidade de complementar a rede de dados climáticos na estação meteorológica de Casa Nova (BA).

2. Metodologia

Neste trabalho foram utilizados os dados climáticos medidos diariamente, entre os anos de 2003 a 2009 da estação meteorológica localizada na Fazenda Santa Felicidade no município de Casa Nova (BA), que tem a Embrapa Semiárido como responsável por coletar os dados desta estação.

Para a construção destes modelos foram utilizadas as seguintes variáveis climáticas: T_{min} (temperatura mínima), T_{med} (temperatura média), T_{max} (temperatura máxima), como variáveis dependentes, e U_{min} (umidade relativa do ar mínima), U_{med} (umidade relativa do ar média), U_{max} (umidade relativa do ar máxima), R_g (radiação global), V_v (velocidade do vento), e Et₀ (evapotranspiração), como variáveis independentes.

¹ Mestre em Biometria e Estatística Aplicada - Professora do Colegiado de Engenharia Elétrica – UNIVASF. E-mail: eucymara.nunes@univasf.edu.br; ²Analista B; Estatístico Embrapa Semiárido. E-mail: luciano.alves@cpatsa.embrapa.br

Para a obtenção das equações será utilizada a regressão linear múltipla, os modelos foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados.

A equação de regressão linear múltipla é dado pelo ajuste do modelo:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

onde:

n é o número de indivíduos;

y_i é a observação da variável dependente para o i -ésimo indivíduo;

$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik})'$ é um vetor de observações das variáveis independentes para o i -ésimo indivíduo;

$\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)'$ é um vetor de coeficientes de regressão (parâmetros);

ε é um componente de erro aleatório.

Os critérios utilizados para avaliar a adequação dos modelos foram o teste F da análise da variância para o ajuste da regressão, o quadrado médio do resíduo para estimar a variância dos erros aleatórios, o teste t para determinar a importância das variáveis independentes no modelo, e o coeficiente de correlação que mede o grau de ajuste da reta estimada ao conjunto de dados.

As análises foram realizadas através do software SAS – Statistical Analysis System (SAS, 2001).

3. Resultados

As equações de regressão ajustadas para a estimativa da temperatura máxima, média e mínima, juntamente com os resultados das análises, são apresentados na Tabela 1. De acordo com o teste t, existe uma relação estatística significativa entre as variáveis independentes utilizadas no modelo (Urmax, Urmed, Urmin, Rg, Vv e Eto) e as variáveis dependentes (Tmax, Tmed e Tmin). O coeficiente de determinação (R^2) reflete o quanto da variação da temperatura é explicada pelas variáveis que a compõe, os valores variam de 0,54 a 0,81. O teste F para ajuste dos modelos foi significativo a 1% de probabilidade e os valores do quadrado médio dos resíduos foram baixos.

Tabela 1 - Coeficientes das equações (com intercepto) para estimar temperaturas máxima, média e mínima, e os respectivos coeficientes de determinação (R^2), quadrado médio do resíduo (QMR), teste F e indicação de significância dos parâmetros no teste t

Variáveis	Parâmetro Estimado		
	Tmax	Tmed	Tmin
Intercepto	33,5393**	27,7444**	23,4317**
Urmed	0,0435**	-0,0267**	0,1276**
Urmax	-0,0382**	-0,0488**	-0,1733**
Urmin	-0,0770**	0,0521**	0,0610**
Rg	-0,1625**	-0,1836**	-0,2709**
Vv	-1,7862**	-1,5744**	-1,4965**
Eto	1,7571**	1,7762**	2,0455**
R^2	0,8135	0,7184	0,5452
QMR	0,9454	0,9070	1,5444
Teste F	1771,30**	1035,55**	486,71**

Teste t e teste F, ** significativo ao nível de 1% de probabilidade

¹ Mestre em Biometria e Estatística Aplicada - Professora do Colegiado de Engenharia Elétrica – UNIVASF. E-mail: eucymara.nunes@univasf.edu.br; ²Analista B; Estatístico Embrapa Semiárido. E-mail: luciano.alves@cpatsa.embrapa.br

Na Tabela 2 são apresentados os modelos de regressão para estimar a temperatura máxima, média e mínima, obtidos pela passagem da reta pela origem (intercepto nulo). A umidade relativa do ar máxima foi não significativa para o modelo da temperatura mínima, sendo significativo para as demais. Os coeficientes de determinação foram muito bons, próximos de um, indicando um melhor ajuste da equação. O teste F confirma que o valor do intercepto difere de zero, demonstrando estatisticamente a significância do modelo sem o intercepto. Porém o erro dos resíduos foram mais altos na retirada do intercepto no modelo.

Tabela 2 - Coeficientes das equações (sem intercepto) para estimar temperaturas máxima, média e mínima, e os respectivos coeficientes de determinação (R^2), quadrado médio do resíduo (QMR), teste F e indicação de significância dos parâmetros no teste t

Variáveis	Parâmetro Estimado		
	Tmax	Tmed	Tmin
Urmed	0,0403**	-0,0961**	0,0690**
Urmax	0,2154**	0,1609**	0,0037 ^{n.s}
Urmin	0,1001**	0,1986**	0,1847**
Rg	-0,2829**	-0,2832**	-0,3550**
Vv	-1,7135**	-1,5143**	-1,4457**
Eto	4,1817**	3,7818**	3,7394**
R ²	0,9973	0,9968	0,9944
QMR	2,6859	2,0979	2,3934
Teste F	151983,7**	129021,1**	72914,04**

Teste t e teste F, ** significativo, n.s. não significativo ao nível de 1% de probabilidade

4. Conclusões

Os resultados obtidos permitem inferir que o ajuste dos modelos de regressão múltipla para as temperaturas máxima e média são adequados para fazer estimativas, desde que o intercepto seja nulo. O modelo com intercepto só é indicado para fazer estimativas para a temperatura máxima

Referências

ANTONINI, J. C. DOS A.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, L. F. C. DE.; SANO, E. E. Modelo matemático para estimativa da temperatura média diária do ar no Estado de Goiás. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 4, p. 331-338, abril 2009.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. 2 ed. Englewood Cliffs: Prantice Hall, p. 300-323, p. 340-363, 1988.

NETO, S. N. DE O.; REIS, G. G. DOS.; REIS, M. DAS G. F.; LEITE, H. G.; COSTA, J. M. N. Estimativa de temperaturas mínima, média e máxima do território brasileiro situado entre 16 e 24° latitude sul e 60° longitude oeste. Engenharia na Agricultura, v. 10, n. 1-4, Jan./Dez., 2002.

SAS INSTITUTE. SAS Stat user's guide. Version 9. Carry: SAS Institute, 2002. CDR0M.

¹ Mestre em Biometria e Estatística Aplicada - Professora do Colegiado de Engenharia Elétrica – UNIVASF. E-mail: eucymara.nunes@univasf.edu.br; ²Analista B; Estatístico Embrapa Semiárido. E-mail: luciano.alves@cpatsa.embrapa.br

¹ Mestre em Biometria e Estatística Aplicada - Professora do Colegiado de Engenharia Elétrica – UNIVASF. E-mail: eucymara.nunes@univasf.edu.br; ²Analista B; Estatístico Embrapa Semiárido. E-mail: luciano.alves@cpatsa.embrapa.br