

# VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA TEMPERATURA MENSAL DO AR NO ESTADO DE ALAGOAS

GUSTAVO B. LYRA<sup>1</sup>, JOSÉ F. DE OLIVEIRA JÚNIOR<sup>2</sup>, JOSÉ L. DE SOUZA<sup>3</sup>, GUILHERME B. LYRA<sup>4</sup>, MERCEL J. DOS SANTOS<sup>5</sup>, PAULO J. DOS SANTOS<sup>6</sup>

1 – Meteorologista, Prof. Adjunto, Dep. de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, UFRRJ, Seropédica - RJ, [gbyra@gmail.com](mailto:gbyra@gmail.com);

2 – Meteorologista, Pesquisador, Divisão de Matérias Primas e Minerais, CNEN, Rio de Janeiro – RJ;

3 – Meteorologista, Prof. Associado, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió – AL;

4 – Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Dep. de Solos, Engenharia e Economia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFAL, Rio Largo – AL;

5 – Graduando de meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió – AL.

6 – Meteorologista, Mestando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió – AL.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções, Belo Horizonte, MG

**RESUMO:** Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a variação espacial e interanual da temperatura mensal do ar para o estado de Alagoas. Ajustaram-se modelos de regressão linear múltiplo a séries (11 a 30 anos) de temperatura mensal do ar de 28 estações meteorológicas dos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe, em função da latitude, longitude e altitude. Para gerar os mapas de temperatura mensal do ar de Alagoas, os modelos de regressão de cada mês foram aplicados ao modelo de elevação do terreno SRTM, reamostrado para 900 m, e a um grid com as coordenadas geográficas (latitude e longitude). As temperaturas mínimas mensais do ar em Alagoas foram observadas em julho, e as máximas ocorreram entre novembro e fevereiro, dependendo da mesorregião do Estado. Entre as mesorregiões, as mínimas ocorreram em áreas entre NW e NE do Sertão, Agreste e Zona da Mata, enquanto o Litoral, Baixo São Francisco e Sertão do São Francisco apresentaram as máximas.

**PALAVRAS-CHAVE:** estatística climatológica, geoestatística, modelo digital de elevação

## SPATIAL AND TEMPORAL VARIATION OF THE MONTHLY AIR TEMPERATURE IN THE ALAGOAS STATE, BRAZIL

**ABSTRACT:** The aims of the present paper were evaluate the spatial and interyear variation of the monthly air temperature in Alagoas state, Brazil. The long-term series (11 – 30 years) of the monthly air temperature of 28 weather stations in states of Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe, were fitting to a multiple linear regression, in function of geographic coordinates (longitude and longitude) and altitude. The maps of monthly air temperature to Alagoas state were generate in function of SRTM digital elevation model, resample for 900 m, and to one grid with geographic coordinates. The lowest monthly air temperature in Alagoas were observed in July and the highest happened between November and February, depending of the mesoregion of State. Between the mesoregion, the lowest happened in areas between NW and NE of the Arid Zone, Hinterland and Humid Area, while the Coast Zone, Low São Francisco and Arid Zone from São Francisco had presented highest monthly air temperature.

**KEYWORDS:** climatological statistic, geostatistic, digital elevation model

**INTRODUÇÃO:** A temperatura do ar é fator determinante na distribuição de espécies vegetais nativas e de culturas agrícolas, sendo fundamental em estudos de zoneamento agrícola e ecológico, em análises de risco

climático e de eventos de seca. A temperatura do ar e do solo afeta diversos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas. As culturas possuem limites térmicos ótimos para cada um de seus estádios de desenvolvimento. Estudos observacionais e de modelagem atmosférica avaliam o impacto de cenários futuros com elevação da temperatura do ar e das chuvas, devido a efeitos naturais e antropogênicos, para os cultivos agrícolas, e mostram drástica redução ou mudança nas áreas com aptidão agroclimática de diversas culturas (Stefanov et al, 2001). No Brasil, alguns estudos foram feitos sobre o influencia das mudanças climáticas na agricultura, por exemplo, Assad & Lucchiari Júnior (1989) avaliaram a produtividade para as culturas de soja e milho em São Paulo, em função de cenários de variação da temperatura do ar. Nessas análises, o conhecimento dos cenários atuais da distribuição espacial e mensal da temperatura do ar são fundamentais. Como a maioria dos estados do Nordeste, Alagoas apresenta baixa densidade de estações meteorológicas com longas séries de temperatura do ar, o que dificulta os estudos citados anteriormente. Uma alternativa para suprir a carência de informações e a utilização de modelos determinísticos de efeito global, associados a modelos digitais de elevação (MDE). Essa técnica permite a interpolação regional da temperatura do ar com resultados satisfatórios (Santos et al., 2008). Baseado no exposto o objetivo deste trabalho é avaliar a variação espacial da temperatura mensal do ar para o Estado de Alagoas, e partir disso disponibilizar um banco de dados, que possam ser usados na avaliação de cenários de variação da temperatura do ar e seu impacto nos principais cultivos de Alagoas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Para a análise da variabilidade espacial e mensal da temperatura mensal do ar no estado de Alagoas ajustou-se a cada mês um modelo de regressão linear múltipla a séries de temperatura média mensal do ar de vinte oito estações meteorológicas convencionais. As estações estavam localizadas nos estados de Alagoas, Pernambuco, Bahia e Sergipe (Fig. 1). Consideraram-se algumas estações dos estados de PE, BA e SE visando proporcionar ao modelo melhor correlação da temperatura do ar com a longitude e a latitude. As séries de temperatura mensal do ar apresentavam entre 11 e 30 anos. As estações pertenciam ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e a Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) (Tab. 1).

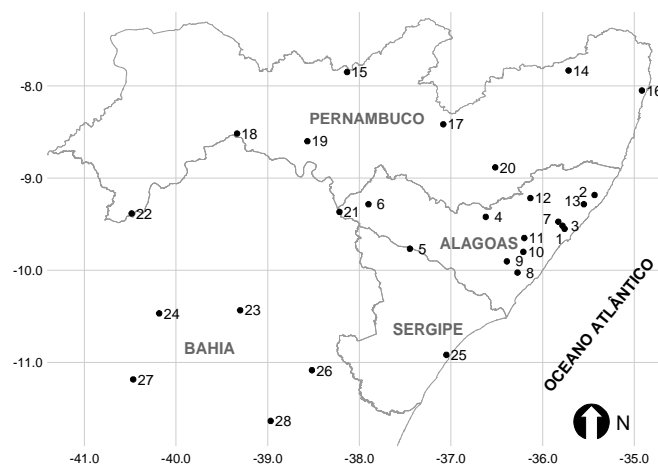


Figura 1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas para os estados de Salvador, Sergipe, Alagoas e Pernambuco.

O modelo determinístico global considerado para avaliar a relação entre a variável dependente (temperatura média mensal do ar), e as variáveis independentes (latitude, longitude e altitude) foi um modelo de regressão linear múltiplo expresso como segue:

$$T_i = \beta_0 + \beta_1 LAT_i + \beta_2 LONG_i + \beta_3 ALT_i + \varepsilon_i \quad (01)$$

em que,  $T_i$  (°C) é a temperatura média mensal do ar;  $LONG$  (graus) é a longitude;  $LAT$  (graus) é a latitude,  $ALT$  (m) é a altitude,  $\varepsilon_i$  é o erro aleatório, suposto independente e com distribuição normal da média e variância constante, e  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  são os coeficientes do modelo a serem estimados. O termo subscripto  $i$  representa

a  $i$ -ésima estação meteorológica ( $i = 1, 2, \dots, 28$ ). Considerou-se o sinal da longitude e da latitude como negativo. O ajuste dos modelos foi avaliado pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 1 – Identificação (ID), Estações meteorológicas, Estado (Alagoas- AL, Pernambuco – PE, Bahia – BA e Sergipe – SE) e períodos das séries

| ID | Estação              | Estado | Série     | ID | Estação          | Estado | Série     |
|----|----------------------|--------|-----------|----|------------------|--------|-----------|
| 1  | Maceió               | AL     | 1961-1990 | 15 | Triunfo          | PE     | 1961-1990 |
| 2  | Porto de Pedra       | AL     | 1977-2006 | 16 | Recife           | PE     | 1961-1990 |
| 3  | Maceió – Aeroporto   | AL     | 1973-2006 | 17 | Arco Verde       | PE     | 1973-1990 |
| 4  | Palmeira dos Índios  | AL     | 1977-2006 | 18 | Cabrobó          | PE     | 1961-1990 |
| 5  | Pão de açúcar        | AL     | 1977-2006 | 19 | Floresta         | PE     | 1961-1988 |
| 6  | Água Branca          | AL     | 1977-2006 | 20 | Garanhuns        | PE     | 1964-1989 |
| 7  | Rio Largo            | AL     | 1973-2001 | 21 | Paulo Afonso     | BA     | 1961-1990 |
| 8  | Coruripe             | AL     | 1980-1991 | 22 | Petrolina        | PE     | 1961-1990 |
| 9  | Teotônio Vilela      | AL     | 1978-1992 | 23 | Monte Santo      | BA     | 1961-1990 |
| 10 | Campo Alegre         | AL     | 1979-1989 | 24 | Senhor do Bonfim | BA     | 1961-1990 |
| 11 | Boca da Mata         | AL     | 1979-1991 | 25 | Aracaju          | SE     | 1961-1990 |
| 12 | Atalaia              | AL     | 1979-1991 | 26 | Cipó             | BA     | 1961-1990 |
| 13 | São Luiz do Quitunde | AL     | 1980-1990 | 27 | Jacobina         | BA     | 1961-1990 |
| 14 | Surubim              | PE     | 1961-1990 | 28 | Serrinha         | BA     | 1961-1990 |

Para gerar os mapas mensais de temperatura do ar para o estado de Alagoas aplicou-se o modelo de regressão linear múltipla de cada mês a um grid da latitude e longitude e outro com o modelo digital de elevação (MDE). Utilizou-se para isso álgebra de mapas, com auxílio do módulo *Map calculator* do aplicativo *Grass GIS*. O MDE considerado na espacialização foi o da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) tratados pela EMBRAPA para eliminar falhas, sombras e distorções (Miranda, 2005) e com resolução espacial original de 90 m. As imagens do SRTM disponibilizados pela EMBRAPA foram transformadas do formato TIFFGEO para grid e depois reamostrados pelo método da interpolação bilinear para uma resolução espacial utilizada no presente trabalho de 900 m.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os modelos de regressão explicaram a maior parte da variabilidade espacial dos dados de temperatura mensal do ar para a região considerada no ajuste, com  $R^2$  entre 0,73 (dezembro) e 0,90 (junho) (Tab. 2). Valores similares foram obtidos por Pezzopane et al. (2004), para o Espírito Santo (0,89 – 0,92) e por Sediya e Melo Júnior (1998), para Minas Gerais (0,79 – 0,91). Os maiores  $R^2$  ( $\geq 0,87$ ) foram observados entre abril e junho e em setembro, coincidindo com os meses mais chuvosos da região (março - junho), a exceção de setembro. Padrão inverso foi apresentado pelos menores  $R^2$  ( $< 0,80$ ), que ocorreram em meses do verão (dezembro e janeiro) ou adjacente (novembro), todos entre os meses com os menores totais de chuva. O erro padrão de estimativa (EPE) variou de 0,62 °C (junho) a 0,93 °C (julho), e representou no máximo 5% da média da temperatura do ar mensal para as localidades utilizadas nos ajustes dos modelos. Apenas os interceptos ( $\beta_0$ ) de setembro a novembro e os coeficientes da latitude ( $\beta_1$ ) em janeiro, março e maio não foram estatisticamente significativos para os modelos (teste-t,  $p < 0,05$ ). O gradiente vertical da temperatura ( $\beta_3$ ) apresentou valores entre a adiabática seca (-0,98 °C/100m) e a úmida (em média -0,60 °C/100m). O gradiente aumentou de janeiro (0,60 °C/100m) para setembro (0,9 °C/100m) e depois diminuiu até dezembro (0,65 °C/100m). De abril a janeiro, esse padrão foi inversamente proporcional ao da chuva mensal (análise não apresentada), ou seja, menor (maior) umidade o gradiente se aproximou da adiabática seca (úmida). Os valores do gradiente vertical foram no intervalo dos ajustados por Pezzopane et al. (2004) (-0,65 a -0,76 °C/100m) e inferiores aos determinados por Sediya e Melo Júnior (1998) (-0,467 a -0,604 °C/100m). A temperatura do ar mostrou tendência de variação mensal definida, em resposta a forçante solar. As temperaturas mínimas mensais (17,8-25 °C) ocorreram em julho (Fig. 3), independente da região, e aumentaram em seguida até as máximas mensais observadas entre novembro e fevereiro (Fig. 2), dependendo da região, e diminuíram nos meses seguintes. No Alto Sertão do São Francisco, na divisa com os estados da Bahia e Sergipe, os extremos superiores da temperatura mensal do ar (26–28 °C) foram observadas em

novembro, enquanto no Sertão Alagoano (23–28 °C) esse cenário ocorreu em dezembro. Em janeiro, o Agreste (22–27 °C) e a Zona da Mata (22–28 °C) apresentaram as máximas mensais, as exceções foram o extremo NE da Zona da Mata e algumas áreas próximas a região do Litoral, que de modo análogo ao Litoral, ao Baixo São Francisco e ao médio e baixo Sertão do São Francisco tiveram as máximas (> 26 °C) em fevereiro.

Tabela 2 – Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada à temperatura média mensal do ar na região de estudo. Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C)

| Mês       | $\beta_0$                 | $\beta_1$                     | $\beta_2$        | $\beta_3$        | $R^2$ | EPE (°C) |
|-----------|---------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------|----------|
| Janeiro   | 15,85(±3,63)              | 0,2285(±0,1853) <sup>NS</sup> | -0,3803(±0,1200) | -0,0060(±0,0007) | 0,79  | 0,73     |
| Fevereiro | 16,58(±3,36)              | 0,4449(±0,1714)               | -0,4265(±0,1110) | -0,0071(±0,0007) | 0,85  | 0,67     |
| Março     | 16,89(±3,27)              | 0,3382(±0,1670) <sup>NS</sup> | -0,3860(±0,1082) | -0,0071(±0,0007) | 0,85  | 0,66     |
| Abril     | 16,30(±3,35)              | 0,3601(±0,1708)               | -0,3896(±0,1107) | -0,0075(±0,0007) | 0,87  | 0,67     |
| Mai       | 18,60(±3,20)              | 0,5032(±0,1634) <sup>NS</sup> | -0,3385(±0,1059) | -0,0073(±0,0006) | 0,88  | 0,64     |
| Junho     | 17,85(±3,11)              | 0,6154(±0,1588)               | -0,3623(±0,1029) | -0,0079(±0,0006) | 0,90  | 0,62     |
| Julho     | 17,69(±4,65)              | 0,7105(±0,2372)               | -0,3784(±0,1537) | -0,0082(±0,0009) | 0,81  | 0,93     |
| Agosto    | 13,45(±4,21)              | 0,8007(±0,2146)               | -0,5214(±0,1390) | -0,0081(±0,0007) | 0,82  | 0,84     |
| Setembro  | 6,66(±3,59) <sup>NS</sup> | 1,0467(±0,1832)               | -0,7970(±0,1187) | -0,0090(±0,0007) | 0,88  | 0,72     |
| Outubro   | 3,18(±4,33) <sup>NS</sup> | 1,0699(±0,2210)               | -0,9311(±0,1432) | -0,0084(±0,0009) | 0,81  | 0,87     |
| Novembro  | 4,71(±3,97) <sup>NS</sup> | 1,0442(±0,2027)               | -0,8971(±0,1313) | -0,0076(±0,0008) | 0,80  | 0,80     |
| Dezembro  | 14,67(±4,23)              | 0,6791(±0,2153)               | -0,5329(±0,1398) | -0,0065(±0,0008) | 0,73  | 0,85     |

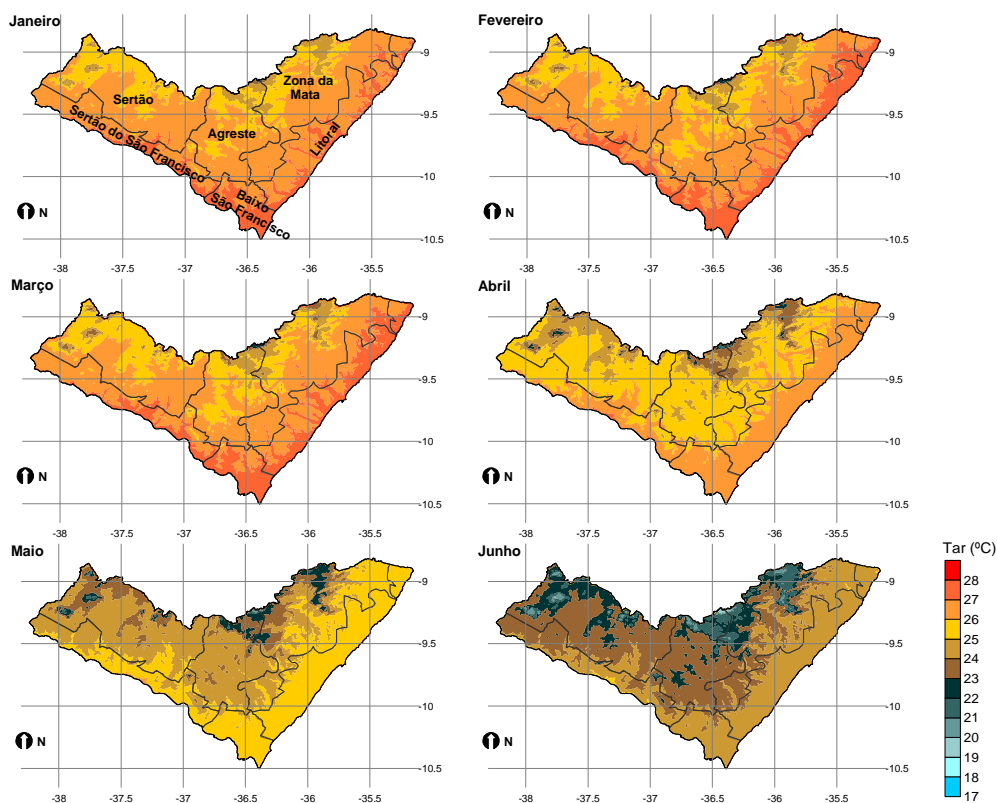


Figura 2 – Variação espacial da temperatura do ar média mensal no estado de Alagoas nos meses de janeiro a junho.

Entre as mesorregiões, as maiores temperaturas mensais foram observadas preferencialmente no Litoral, próximo do ambiente costeiro, particularmente no Litoral Norte; no Baixo São Francisco, adjacente a divisa com Sergipe; e no Sertão do São Francisco, próximo ao Rio São Francisco, com temperaturas acima de 24 °C, independente do mês. As menores temperaturas ocorreram no NW e NE do Sertão, na região dos municípios de Água Branca e na divisa com Pernambuco, respectivamente; entre N e NE do Agreste e NW e NE da Zona da Mata, todos próximos a divisa com Pernambuco e com altitudes superiores a 400 m. As temperaturas nessas mesorregiões não ultrapassaram 25 °C em nenhum mês. A amplitude da temperatura do ar entre as

mesorregiões mostrou os menores valores ( $< 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) nos meses de dezembro e janeiro, enquanto a maior amplitude ( $8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ocorreu em setembro, na transição do período úmido para o seco do Estado.

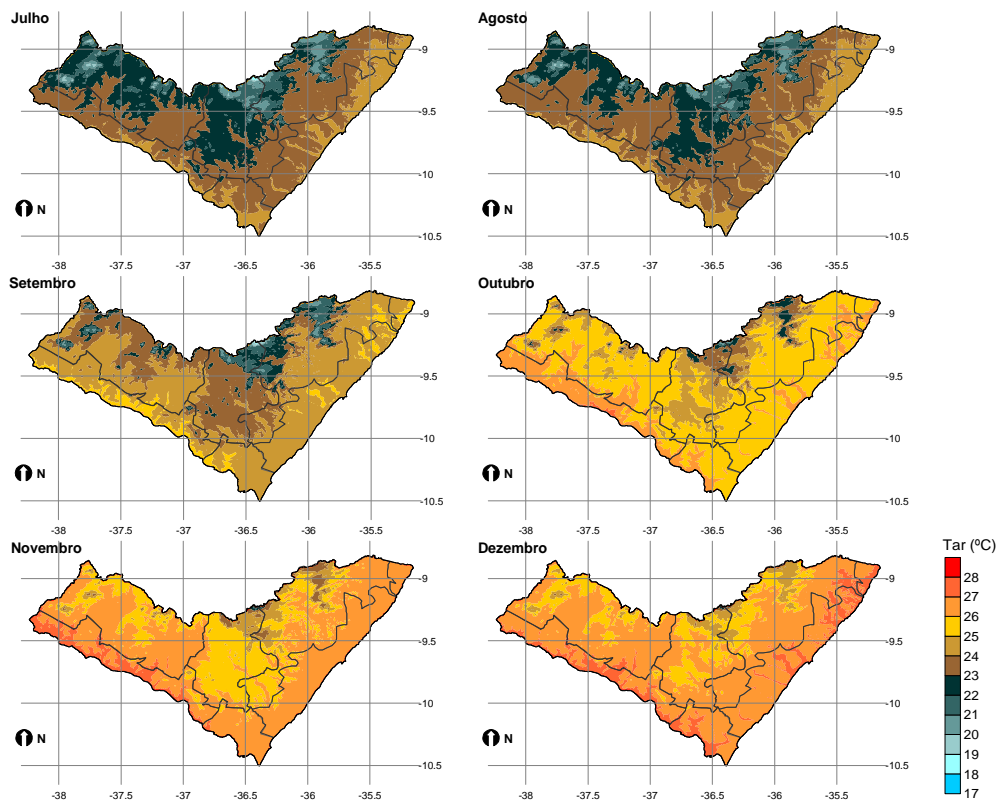


Figura 3 – Variação espacial da temperatura do ar média mensal no estado de Alagoas nos meses de julho a dezembro.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Instituto Nacional de Meteorologia, a Universidade Federal de Alagoas e a Rede Meteorológica do Comando da Aeronáutica por disponibilizar as séries de temperatura mensal do ar.

**CONCLUSÕES:** Os modelos de regressão em função latitude, longitude e altitude mostram-se adequados para explicar a variabilidade espacial da temperatura mensal do ar no estado de Alagoas. As mínimas temperaturas mensais do ar em Alagoas ocorrem em julho, enquanto as máximas são observadas entre novembro e fevereiro. As mínimas entre as mesorregiões ocorrem em áreas entre NW e NE do Sertão, Agreste e Zona da Mata e as máximas no Litoral, Baixo São Francisco e Sertão do São Francisco.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ASSAD, E.D.; LUCHIARI JUNIOR, R. A future scenario and agricultural strategies against climatic changes: the case of tropical savannas. In: **Mudanças Climáticas e Estratégias Futuras**. 1989. São Paulo. SP, 5p.
- MIRANDA, E.E.; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 1 jun. 2007.
- PEZZOPANE, J.E.M. et al. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.
- SEDIYAMA, G.C.; MELO JUNIOR, J.C.F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de Minas Gerais. **Eng. na Agricultura**, v6, p. 57-61, 1998.
- SANTOS, M.J. et al. Espacialização da temperatura mínima do ar anual para o estado de Alagoas utilizando dois modelos digitais do terreno. In: **XV CBMET**, 2008, São Paulo. 2008.
- STEFANOV, W.L et al. Monitoring urban land cover change: An expert system approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers. **Rem. Sens. Envir.**, v.77, 173-185p., 2001.