

**ESTIMATIVAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS DAS MÁXIMAS MENSAIS E
ANUAL NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

**Estimate of the Monthly and Annual Means of the Maximum
Temperatures of the State of Espírito Santo**

Leandro Roberto Feitoza*, José Altino Scárdua*, Gilberto Chohaku
Sediyama** e Samuel Silva Valle*

RESUMO

Os parâmetros temperaturas médias das máximas mensais, latitude, altitude, longitude e/ou distância da costa foram utilizados para testar quatro modelos matemáticos para a estimativa das temperaturas médias das máximas mensais e anual para os locais desprovidos de Estações Meteorológicas no Estado do Espírito Santo, através da análise de regressão múltipla. Foram ajustadas equações para o Estado como um todo, para a região litorânea e para a região continental. Para esta região, as equações que consideram a latitude e a altitude dão melhores estimativas para os meses de fevereiro a maio e as que incluem, também, a longitude são melhores para os meses de junho a janeiro e estimativa anual. A variação das temperaturas médias das máximas mensais na região litorânea não é explicada pelos efeitos combinados de altitude, latitude e longitude. O modelo que considera a distância da costa, a altitude e a latitude, e o que inclui a latitude e a distância da costa permitem estimativas aceitáveis para os locais desprovidos de estações nos meses de outubro a julho, e agosto e setembro, respectivamente. Os modelos desenvolvidos para o Estado como um todo devem ser evitados, uma vez que as equações específicas para as regiões continental e litorânea dão maiores precisões nas estimativas.

SUMMARY

Four mathematical models were studied in this paper to estimate the mean maximum monthly and annual temperatures for locations with no meteorological stations in the State of Espírito Santo.

The multiple regression analysis were carried out with the mean monthly observed maximum temperatures data and were adjusted equations containing, besides latitude and altitude, the longitude and/

* Respectivamente, Pesquisadores e Técnico Agrícola do Setor de Climatologia - EMCAPA, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

** Professor Adjunto da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

our distance from the coast.

The models were developed for the State of Espírito Santo as a hole, for the coastal area (40 km from the coast and elevations lower than 200m), and for the continental region.

For the continental region one can use equations containing latitude, longitude and altitude to estimate the mean temperatures for the months of June thru January; and for the months of February thru May equations based on altitude and latitude can be used.

The variation of the mean maximum monthly temperatures in the coastal area can not be explained by, the combined effects of the altitude, latitude and longitude. The model which includes the distance from the coast, altitude and latitude or the model based on latitude and distance from the coast give a reasonable estimates of the mean maximum temperatures for locations with no meteorological data for the months of October thru July, and August thru September, respectively.

The models developed for the State of Espírito Santo as a hole should be avoided, since the specific equations for the continental region and coastal area give better estimates of the mean maximum temperatures.

INTRODUÇÃO

Para os estudos de planejamento e zoneamento de aptidão climática para as principais culturas é necessário o conhecimento das variações térmicas espaciais e temporais nas áreas agricultáveis.

Grande parte do Espírito Santo é desprovida de estações meteorológicas, com dados normais de temperaturas, e, esta deficiência, torna-se fator limitante para elaboração de trabalhos de zoneamentos, suficientemente representativos para o Estado.

No Estado do Paraná, com exceção da faixa litorânea, PINTO & ALFONSI (4) correlacionaram temperaturas médias máximas e mínimas com os fatores geográficos altitude e latitude e encontraram coeficientes de determinação superiores a 86% para o conjunto de equações estimativas das temperaturas médias das máximas.

BURIOL et alii (1), no Rio Grande do Sul, verificaram que o efeito combinado da altitude e da latitude explica de 88% a 93% das variações das médias das temperaturas máximas mensais e anuais para aquele Estado, com exceção da faixa litorânea.

Em trabalho similar aos anteriores, realizado em Santa Catarina, BURIOL et alii (2) encontraram coeficientes de determinação variando entre 0,73 e 0,91, indicando que no mês que apresenta menor correlação, a variação da temperatura média nos diferentes locais é devida em 73% à altitude e à longitude. Apesar dos coeficientes

não serem muito elevados, as temperaturas estimadas pelas equações são consideradas úteis para aqueles locais carentes de dados observados, exceto para as regiões da faixa litorânea situadas a altitudes inferiores a 40 metros.

A importância do conhecimento das condições térmicas no Estado para zoneamento agrícola, justifica o presente estudo que visa desenvolver equações de regressão para estimar as normais das temperaturas médias das máximas em função da altitude, latitude e longitude ou continentalidade no Espírito Santo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperaturas médias das máximas do ar à sombra, para execução do presente trabalho, são de locais situados entre a Serra da Mantiqueira, Serra das Vertentens, Serra do Espinhaço, Serra Negra, Serra da Noruega e o Oceano Atlântico. Os referidos dados foram adquiridos nos arquivos do 4º, 5º e 6º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia.

As análises de regressão múltiplas foram efetuadas com dados de temperaturas médias das máximas mensais e anuais e foram testados os quatro modelos estatísticos apresentados a seguir:

- a) $Y_i = a_0 + a_1 X_{1i} + a_2 X_{2i} + e_i$
- b) $Y_i^+ = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + b_3 X_{3i} + e_i^+$
- c) $Y_i^* = c_0 + c_1 X_{1i} + c_2 X_{2i} + c_3 X_{4i} + e_i^*$
- d) $Y_i^- = d_0 + d_1 X_{1i} + d_2 X_{4i} + e_i^-$

Onde Y_i , Y_i^+ , Y_i^* e Y_i^- representam a temperatura média das máximas mensais e/ou anual calculadas; X_{1i} a latitude do lugar em minutos; X_{2i} a altitude do lugar em metros; X_{3i} a longitude do lugar em minutos; X_{4i} a distância da costa em quilômetros e e_i , e_i^+ , e_i^* e e_i^- os termos de erro aleatório que se pressupõe normais e independentemente distribuídos com médias zero e variâncias constantes. O modelo que inclui somente as variáveis latitude e distância da costa (modelo d) foi testado apenas para a região litorânea.

Os três modelos (a, b e c) foram testados para o Estado como um todo e para a região litorânea e continental com dados de 14 e 24 estações respectivamente (Tabela 1).

Considerou-se como região litorânea aquela compreendida na faixa de, no máximo 40 quilômetros da costa e em áreas com altitudes inferiores a 200 metros e, como continental, aquela não enquadrada nesta área, conforme FEITOZA et alii (3).

A escolha do modelo foi baseada nos valores e na significância

Tabela 1. Estações meteorológicas utilizadas para o desenvolvimento das equações estimativas de temperaturas médias das máximas, respectivas coordenações geográficas e período de observação.

| ESTAÇÕES | LATITUDE | LONGITUDE | ALTITUDE (m) | DISTÂNCIA COSTA (Km) | PERÍODO DE OBSERVAÇÃO |
|------------------------------|----------|-----------|--------------|----------------------|-----------------------|
| Angra dos Reis-RJ | 23° 01' | 44° 19' | 2 | 0,5 | 1931-1970 |
| Araras-RJ | 22° 21' | 43° 11' | 820 | 41,0 | 1944-1970 |
| Barreirinho-RJ | 22° 27' | 44° 50' | 757 | 69,0 | 1953-1964 |
| Carmo-RJ | 21° 55' | 42° 37' | 341 | 95,0 | 1931-1970 |
| Cabo Frio-RJ | 22° 53' | 42° 02' | 2 | 0,5 | 1931-1970 |
| Campos-RJ | 21° 45' | 41° 20' | 11 | 34,0 | 1931-1970 |
| Itaperuna-RJ | 21° 11' | 41° 53' | 127 | 91,0 | 1931-1960 |
| Macaé-RJ | 22° 21' | 41° 48' | 3 | 0,5 | 1931-1970 |
| Nova Iguaçú-RJ | 22° 46' | 43° 27' | 20 | 19,0 | 1951-1967 |
| Pinheiral-RJ | 22° 31' | 44° 00' | 385 | 45,0 | 1931-1970 |
| Pirai-RJ | 22° 38' | 43° 54' | 386 | 31,0 | 1941-1970 |
| Resendê-RJ | 22° 29' | 44° 28' | 439 | 54,0 | 1931-1970 |
| Rio D'Ouro-RJ | 22° 37' | 43° 28' | 127 | 30,0 | 1931-1970 |
| Santa Cruz-RJ | 22° 55' | 43° 41' | 35 | 5,0 | 1922-1970 |
| Santa Maria Madalena-RJ | 21° 59' | 42° 01' | 620 | 50,0 | 1931-1970 |
| São Pedro-RJ | 22° 38' | 43° 33' | 179 | 32,0 | 1931-1970 |
| Santo Antônio de Pádua-RJ | 21° 32' | 42° 12' | 94 | 100,0 | 1931-1970 |
| Teresópolis-RJ | 22° 27' | 42° 56' | 874 | 30,0 | 1931-1970 |
| Teresópolis-Parq.Nacional-RJ | 22° 27' | 42° 56' | 959 | 30,0 | 1943-1970 |
| Univ.Rural-Km 47-RJ | 22° 46' | 43° 41' | 33 | 22,0 | 1941-1970 |
| Vassouras-RJ | 22° 24' | 43° 40' | 446 | 57,0 | 1931-1970 |
| Volta Redonda-RJ | 22° 29' | 44° 05' | 418 | 48,0 | 1943-1967 |
| Cachoeiro Itapemirim-ES | 20° 51' | 41° 07' | 34 | 32,5 | 1931-1970 |
| Conceição da Barra-ES | 18° 34' | 39° 43' | 4 | 0,5 | 1931-1960 |
| Linhares-ES | 19° 24' | 40° 04' | 28 | 30,0 | 1967-1976 |
| Mendes da Fonseca-ES | 20° 23' | 41° 03' | 950 | 60,0 | 1956-1976 |
| Vitória-ES | 20° 19' | 40° 20' | 31 | 0,5 | 1931-1970 |
| Caratinga-MG | 19° 48' | 42° 09' | 609 | 148,0 | 13 anos |
| Cataguases-MG | 21° 23' | 42° 42' | 169 | 142,0 | 10 anos |
| Conceição Mato Dentro-MG | 19° 02' | 43° 26' | 675 | 345,0 | 1931-1960 |
| Itabira-MG | 19° 37' | 43° 13' | 826 | 292,0 | 1931-1960 |
| Muriaé-MG | 21° 08' | 42° 22' | 240 | 138,0 | 1931-1960 |
| Santo Dumont-MG | 21° 27' | 43° 33' | 908 | 145,0 | 1931-1960 |
| Ubá-MG | 21° 07' | 42° 57' | 349 | 180,0 | 1931-1960 |
| Caravelas-Ba | 17° 44' | 39° 15' | 4 | 0,5 | 1932-1960 |

dos coeficientes de determinação corrigidos, avaliados pelo teste "F", na significância dos coeficientes de regressão testados pelo teste "t" de Student, admitindo-se significância ao nível de até 10% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados dos modelos ajustados para a região continental. O modelo que encerra os parâmetros altitude, latitude e longitude ajustou-se melhor para os meses de junho a janeiro e estimativa anual e o que inclui apenas as variáveis latitude e altitude ajustou-se melhor para os meses de fevereiro a maio. As equações que incluem as variáveis altitude, latitude e longitude, na região continental, apresentam-se com comportamento similar às equações do modelo que inclui a altitude, latitude e distância da costa porém, sugere-se evitar o uso deste último modelo, em decorrência das variáveis latitude e distância da costa apresentarem-se com alto grau de multicolinearidade.

São apresentadas na Tabela 3 as equações de regressões ajustadas para a região litorânea e os respectivos coeficientes de determinação quando inclui-se no modelo a variável distância da costa. Para os meses de agosto e setembro ajustou-se melhor o modelo que inclui as variáveis latitude e distância da costa e, em todos os outros casos, o modelo que inclui, também, a variável altitude. Observou-se que a variação da temperatura média nesta região não pode ser explicada pelos efeitos combinados da altitude e latitude ou altitude, latitude e longitude. O parâmetro distância da costa exerce influência marcante na estimativa de temperaturas médias das máximas na região costeira. Apesar dos coeficientes de determinação serem relativamente baixos, as diferenças entre os dados observados e estimados no Estado foram, em sua maioria, inferiores a 0,69 C.

Observou-se que as equações específicas para as regiões continental e litorânea dão menores diferenças entre o observado e o estimado do que aquelas desenvolvidas para o Estado como um todo, evidenciando que o desenvolvimento de equações próprias para as regiões do continente e litoral dão melhores resultados nas estimativas.

Tabela 2. Equações de regressão para estimar as temperaturas médias das máximas mensais e anual, em função da altitude (X_2), latitude (X_1) e longitude (X_3) na região continental do Estado do Espírito Santo.

| | EQUAÇÕES DE REGRESSÕES | | | \bar{R}^2 | R^2 |
|---------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------|---------|
| \hat{Y}_{jan} = 32,8333 | - 0,0049062 X_1^{**} | - 0,00703510 X_2^* | + 0,0026827 X_3^{ns} | 94,70%* | 95,39%* |
| \hat{Y}_{fev} = 37,8171 | - 0,0031524 X_1^{ns} | - 0,00723230 X_2^* | - | 93,80%* | 94,34%* |
| \hat{Y}_{mar} = 36,7775 | - 0,0031533 X_1^{***} | - 0,00692070 X_2^* | - | 93,83%* | 94,36%* |
| \hat{Y}_{abr} = 39,9507 | - 0,0071778 X_1^* | - 0,00677263 X_2^* | - | 92,83%* | 93,45%* |
| \hat{Y}_{mai} = 39,2220 | - 0,0079328 X_1^* | - 0,00660665 X_2^* | - | 93,18%* | 93,77%* |
| \hat{Y}_{jun} = 34,9573 | - 0,0099962 X_1^* | - 0,00705497 X_2^* | + 0,0024178 X_3^{ns} | 93,79%* | 94,60%* |
| \hat{Y}_{jul} = 26,2374 | - 0,0107520 X_1^* | - 0,00723633 X_2^* | + 0,0060325 X_3^{**} | 94,49%* | 95,21%* |
| \hat{Y}_{ago} = 24,2790 | - 0,0107977 X_1^* | - 0,00707024 X_2^* | + 0,0073889 X_3^{**} | 91,93%* | 92,99%* |
| \hat{Y}_{set} = 21,3687 | - 0,0139285 X_1^* | - 0,00681733 X_2^* | + 0,0103426 X_3^{***} | 90,52%* | 91,75%* |
| \hat{Y}_{out} = 26,9757 | - 0,0143623 X_1^* | - 0,00703062 X_2^* | + 0,0086070 X_3^{**} | 90,37%* | 91,63%* |
| \hat{Y}_{nov} = 26,3718 | - 0,0116715 X_1^* | - 0,00717013 X_2^* | + 0,0076590 X_3^{**} | 90,47%* | 91,71%* |
| \hat{Y}_{dez} = 29,6344 | - 0,0044004 X_1^{***} | - 0,00708628 X_2^* | + 0,0030509 X_3^{ns} | 93,30%* | 94,17%* |
| \hat{Y}_{ano} = 31,7512 | - 0,0084766 X_1^* | - 0,00702557 X_2^* | + 0,0038559 X_3^{ns} | 93,06%* | 93,97%* |

*, **, *** Significativo ao nível de 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente.

ns Não significativo aos níveis pré-estabelecidos.

\bar{R}^2 e R^2 Coeficientes de determinação corrigidos e não corrigidos, respectivamente.

Tabela 3. Equações de regressão para estimar as temperaturas médias das máximas mensais e anuais, em função da altitude (X_2), latitude (X_1) e distância da costa (X_4) na região litorânea do Estado do Espírito Santo.

| | EQUAÇÕES DE REGRESSÕES | | | \bar{R}^2 | R^2 |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-------------|----------|
| \hat{Y}_{Jan} = 30,5417 | - 0,00063953 X_1 | - 0,0092611 X_2 | + 0,0949371 X_4 * | 49,278** | 60,988** |
| \hat{Y}_{Fev} = 31,0095 | - 0,00070012 X_1 | - 0,0080201 X_2 | + 0,0949728 X_4 * | 53,928** | 64,568** |
| \hat{Y}_{Mar} = 31,3516 | - 0,00134247 X_1 | - 0,0079119 X_2 | + 0,0816687 X_4 * | 52,538** | 63,498** |
| \hat{Y}_{Abr} = 32,9357 | - 0,00373512 X_1 | - 0,0109542 X_2 | + 0,0721852 X_4 * | 45,828** | 58,328** |
| \hat{Y}_{Mai} = 32,5110 | - 0,00459747 X_1 *** | - 0,0109422 X_2 *** | + 0,0716563 X_4 * | 52,338** | 63,338** |
| \hat{Y}_{Jun} = 30,7358 | - 0,00393664 X_1 | - 0,0100042 X_2 | + 0,0728845 X_4 * | 47,048** | 59,268** |
| \hat{Y}_{Jul} = 27,6334 | - 0,00209363 X_1 | - 0,0086600 X_2 | + 0,0676152 X_4 * | 46,188** | 58,608** |
| \hat{Y}_{Ago} = 28,3555 | - 0,00237506 X_1 | - | + 0,0764103 X_4 * | 47,408** | 55,508** |
| \hat{Y}_{Set} = 31,5414 | - 0,00461468 X_1 | - | + 0,0801958 X_4 * | 53,468** | 60,628** |
| \hat{Y}_{Out} = 33,0729 | - 0,00526288 X_1 | - 0,0081279 X_2 | + 0,0952230 X_4 * | 52,928** | 63,798** |
| \hat{Y}_{Nov} = 32,5555 | - 0,00420203 X_1 | - 0,0083033 X_2 | + 0,0873332 X_4 * | 52,888** | 63,758** |
| \hat{Y}_{Dez} = 30,7466 | - 0,00176467 X_1 | - 0,0096584 X_2 | + 0,0883163 X_4 * | 42,148** | 55,498** |
| \hat{Y}_{Ano} = 31,0030 | - 0,00286421 X_1 | - 0,0086887 X_2 | + 0,0833992 X_4 * | 51,728** | 62,868** |

*, **, *** Significativo ao nível de 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente.

ns Não significativo aos níveis pré-estabelecidos

\bar{R}^2 e R^2 Coeficientes de determinação corrigidos e não corrigidos, respectivamente.

CONCLUSÕES

De acordo com a análise dos resultados, pode-se concluir que:

1. Para a região continental, as equações que consideram a latitude, a longitude e a altitude dão melhores estimativas para os meses de junho a janeiro e as que incluem a altitude e latitude ajustam-se melhor para os meses de fevereiro a maio.
2. Para a região litorânea, o modelo que considera a distância da costa, altitude e latitude e o que inclui a distância da costa e latitude, permitem estimativas aceitáveis para locais des providos de estações nos meses de outubro a julho, e agosto e setembro, respectivamente.
3. Os modelos desenvolvidos para o Estado como um todo devem ser evitados, uma vez que as equações específicas para as regiões continental e litorânea dão maiores precisões nas estimativas.

LITERATURA CITADA

1. BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M.; PINTO, H.S. - Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. Rev. Centro Ciências Rurais, Santa Maria, 3(1/4):131-150, 1973.
2. BURIOL, G.A.; FERREIRA, M.; ESTEFANEL, V.; PIGNATARO,I.A.B.- Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais no Estado de Santa Catarina. Rev. Centro Ciências Rurais, Santa Maria, 4(1):81-102, 1974.
3. FEITOZA, L.R.; SCÂRDUA, J.A.; SEDIYAMA, G.C.; OLIVEIRA, L. M. de; VALEE, S.S. - Estimativa das temperaturas médias mensais e anual do Estado do Espírito Santo. Rev. Centro Ciências Rurais, Santa Maria, 9(3):279-291, 1979.
4. PINTO, H.S. & ALFONSI, R.R. - Estimativa das temperaturas diárias, máximas e mínimas mensais no Estado do Paraná em função de altitude e latitude. Brasília, Departamento Nacional de Meteorologia, 1976. 46p. (Boletim Técnico, 11).