

ESTIMATIVA DAS TEMPERATURAS EFETIVAS DO ESTADO DO RIO  
GRANDE DO SUL EM FUNÇÃO DE FATORES GEGRÁFICOS.

Estimation of the effective temperatures of the State of  
Rio Grande do Sul as a function of geographic factors.

Galileo A. Buriol e Valduino Estefanel\*

RESUMO

Com dados de 35 estações meteorológicas situadas na parte continental do Estado do Rio Grande do Sul e 7 na faixa litorânea, todas pertencentes ao Departamento Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, foram calculadas equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas, com temperaturas bases de 0° C, 5° C, 10° C, 15° C e 20° C, em função de coordenadas geográficas.

A altitude e a latitude influíram nas estações situadas na parte continental do Estado enquanto nas estações localizadas na faixa litorânea, além dessas duas coordenadas geográficas, a distância ao mar também teve influência.

Os coeficientes de correlação múltipla foram elevados para a parte continental e, em muitos meses, para a faixa litorânea, permitindo nesses casos o uso das estimativas feitas a partir das equações de regressão.

SUMMARY

The data of 35 meteorological stations located in the inland parts of the State of Rio Grande do Sul and seven coastal stations, all belonging to the National Department of Meteorology of the Ministry of Agriculture, was used to calculate regression equations to estimate the sums of effective temperatures as a functions of geography for base temperatures of 0° C, 5° C, 10° C, 15° C and 20° C.

Altitude and latitude influenced both the inland stations and the coastal stations. The coastal stations were influenced also by their distance from the ocean.

The multiple correlation coefficients were high for the inland regions and in several months for the coastal regions permitting in these instances the direct use of the estimates given by the regression equations.

---

\* Professores Assistentes do Departamento de Fitotecnia - Centro de Ciências Rurais - UFSM

## INTRODUÇÃO

A avaliação local e regional das disponibilidades de calor é de fundamental importância nos estudos de bioclimatologia vegetal e de agroclimatologia. O aproveitamento da energia radiante para a formação diária da matéria seca nos vegetais pode ser medida pela carga diária de calor. Sua quantidade depende do calor específico da massa e da temperatura dos tecidos vegetais. Porém, devida a dificuldade de sua medida, toma-se a temperatura média diária do ar como expressão da carga calórica vegetal (5).

A soma das temperaturas efetivas cumpre uma ação fundamental no crescimento e desenvolvimento dos cultivos. O conhecimento de tais valores, junto com a determinação das exigências bioclimáticas, conduz ao estudo da interação existentes entre ambos (componentes físicos e biológicos) permitindo a localização das cultivares onde sejam totalmente satisfeitas suas exigências bioclimáticas ou, em casos de culturas "forçadas", dar-lhes, artificialmente, a energia calórica de que necessitam.

Em trabalho anterior DAMARIO et alii (6) testaram a validade dos métodos de soma das temperaturas efetivas, segundo as fórmulas direta (4), de THOM (9), de LINDSEY e NEWMAN (8) e de DAMARIO e PASCALE (4) na aplicação às condições térmicas do Estado do Rio Grande do Sul.

Em vista da eficiência comprovada do método de DAMARIO e PASCALE (4), o mesmo foi utilizado para calcular a soma de temperaturas efetivas mensais e anuais deste Estado, para várias estações climatológicas e sobre diversas temperaturas base. Partindo destes dados, procurou-se estimar as somas de temperaturas em função de coordenadas geográficas, facilitando, assim, a utilização deste elemento para lugares onde não existe estação e para trabalhos cartográficos.

Estimativas de elementos climáticos em função de fatores geográficos no Estado do Rio Grande do Sul, foram realizadas anteriormente por FERREIRA et alii (7), BURIOL et alii (1) e ESTEFANEL et alii (6) que estimaram, respectivamente, as médias das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais e anuais, e BURIOL et alii (3) o fizeram para os valores normais de evapotranspiração potencial para os meses e o ano.

Este trabalho apresenta as equações de regressão para estimar as somas das temperaturas efetivas mensais e anuais para o Rio Grande do Sul em função da altitude, latitude, longitude e continentalidade, tendo como temperaturas base 0° C, 5° C, 10° C, 15° C e 20° C.

## MATERIAL E MÉTODOS

As médias das temperaturas máximas e mínimas mensais e anuais foram coletadas nos arquivos do Ministério da Agricultura, Serviço Nacional de Meteorologia, 8º Distrito, Porto Alegre.

Esta coleta foi realizada mês a mês, ano a ano, desde o início de funcionamento de cada estação climatológica até o ano de 1969. O período de observações variou de estação para estação e se encontra em DAMARIO et alii (5).

A figura 1 mostra as 42 estações climatológicas utilizadas e a sua localização geográfica.

Foram calculadas as médias das temperaturas máximas e mínimas mensais, utilizando todos os dados disponíveis e empregando-se os desvios-padrão das temperaturas médias, já calculados em BURIOL et alii (2). Desta forma realizou-se a soma mensal e a média anual dos graus-dias, valores normais, de cada uma das estações segundo o método de DAMARIO e PASCALE (4) para as temperaturas bases de 0º C, 5º C, 10º C, 15º C e 20º C.

As estações foram separadas em dois grupos, sendo 7 no litoral e 35 na parte continental (figura 1).

Para cada um dos grupos de estações foram calculadas as seguintes equações de regressão e os respectivos coeficientes de correlação:

1.  $\bar{T} = a + bX_1$
2.  $\bar{T} = a + bX_1 + cX_2$
3.  $\bar{T} = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$

sendo  $\bar{T}$  a soma de temperaturas efetivas estimadas,  $X_1$  a altitude do local considerado em metros,  $X_2$  a latitude em minutos e  $X_3$  a longitude em minutos ou a distância ao mar em km.

As equações de regressão e os coeficientes de correlação foram calculados com o auxílio do computador IBM 1130, pertencente a UFSM, utilizando-se a metodologia estatística comum.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Colocando as somas de temperaturas efetivas num gráfico, observou-se que as estações climatológicas situadas próximas ao litoral e aos lagos apresentavam um comportamento distinto daquelas localizadas na parte mais continental do Estado.

1. *Parte Continental* - Para esta parte do Estado as variáveis longitude e distância ao mar, que expressam a continentalidade, não aumentaram os coeficientes de correlação em relação àqueles calculados com a altitude e latitude e, em vista disto, estas variáveis

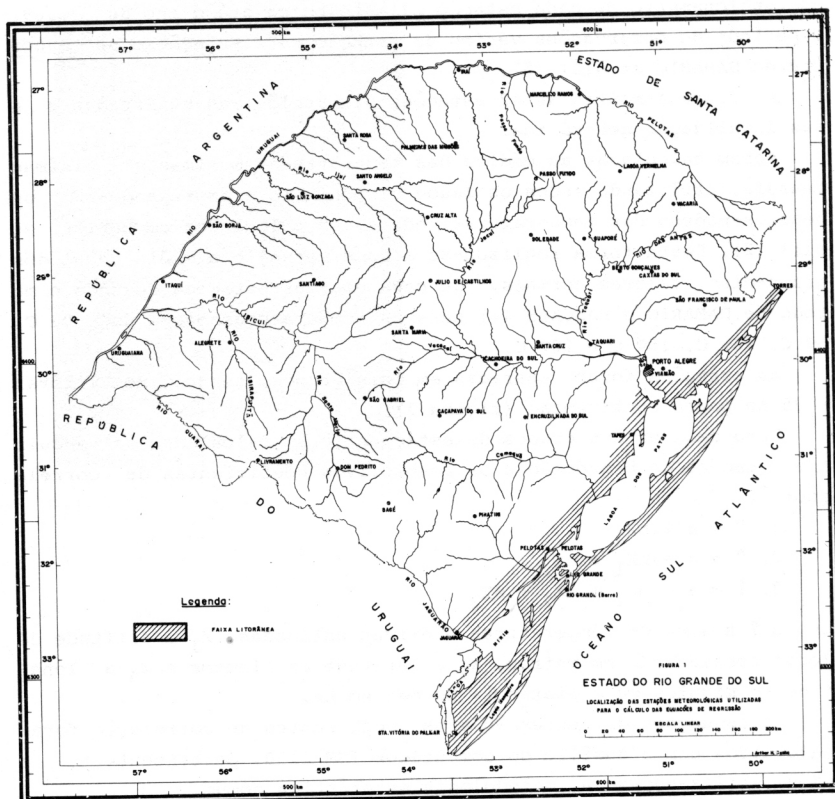


FIGURA 1

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS  
PARA O CÁLCULO DAS EQUAÇÕES DE REGRESSÃO

não foram utilizadas.

Na Tabela 1 estão representadas as equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas em função da altitude e latitude, os coeficientes de correlação e a porcentagem da variação explicada em função das duas variáveis.

Os coeficientes de correlação indicam que ambas as variáveis, a altitude e a latitude, influem na estimativa da soma de temperaturas efetivas, em todos os meses e em todas as temperaturas bases utilizadas. A porcentagem de variação das somas de temperaturas efetivas explicada pelo efeito combinado da altitude e da latitude é elevada, permitindo o uso das estimativas feitas a partir das equações de regressão.

As somas de temperaturas efetivas são estimadas com maior precisão nos meses mais quentes e para as temperaturas bases mais baixas.

Os coeficientes de regressão parcial dessas equações foram negativos indicando que as duas variáveis independentes contribuíram de forma inversa na estimativa da soma de temperaturas efetivas, ou seja, quando há um aumento de altitude ou de latitude há uma diminuição da soma de temperaturas efetivas.

2. *Litoral* - Além da altitude e da latitude também a distância ao mar está associada à soma de temperaturas na faixa litorânea.

A Tabela 2 mostra as equações de regressão calculadas com a altitude, a latitude e a distância ao mar, os coeficientes de correlação múltipla e a porcentagem de variação da soma de temperaturas efetivas explicadas pelas três variáveis.

Ao contrário da parte continental, os coeficientes de correlação aumentam nos meses mais frios e, com exceção de abril, crescem com o emprego de temperaturas bases mais elevadas.

Observando os coeficientes de regressão parcial verifica-se que, aumentando a altitude e a latitude, diminui a disponibilidade de calor, com exceção do mês de julho para a temperatura base de 09°C e 59°C, julho e agosto para temperatura base de 109°C e 159°C.

Com respeito à distância ao mar, existe a tendência de, nos meses quentes, aumentar a temperatura com o aumento da continentalidade, acontecendo o inverso nos meses frios. Esta tendência, no entanto, é menos constante quando se usa temperaturas bases mais elevadas.

Os coeficientes de correlação, em muitos meses, são de grandeza menor do que aqueles para a parte continental, sendo que alguns deles, não alcançam significância estatística, fato que pode ser atribuído ao pequeno número de estações utilizadas.

Tabela 1. Equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas para a parte continental do Estado em função da altitude, em metros e latitude, em minutos e os respectivos coeficientes de correlação.

| MÊSES                    | EQUAÇÕES DE REGRESSÃO                           | $r_{y \cdot x_1}$ | $r_{y \cdot x_1 x_2}$ | $R^2 \cdot 100$ |
|--------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|
| TEMPERATURA BASE: 09 °C  |                                                 |                   |                       |                 |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 1450,40 - 0,199091x_1 - 0,360759x_2$ | -0,874            | 0,964                 | 93,0            |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 1271,05 - 0,180357x_1 - 0,308585x_2$ | -0,893            | 0,974                 | 95,0            |
| Março                    | $\hat{y} = 1365,11 - 0,182448x_1 - 0,347475x_2$ | -0,877            | 0,979                 | 95,8            |
| Abril                    | $\hat{y} = 1179,01 - 0,150605x_1 - 0,317283x_2$ | -0,841            | 0,963                 | 92,9            |
| Maio                     | $\hat{y} = 1118,72 - 0,141744x_1 - 0,325880x_2$ | -0,819            | 0,965                 | 93,2            |
| Junho                    | $\hat{y} = 1140,61 - 0,123056x_1 - 0,386997x_2$ | -0,697            | 0,956                 | 91,4            |
| Julho                    | $\hat{y} = 1168,64 - 0,123645x_1 - 0,401761x_2$ | -0,678            | 0,950                 | 90,3            |
| Agosto                   | $\hat{y} = 1356,43 - 0,128131x_1 - 0,485164x_2$ | -0,602            | 0,951                 | 90,5            |
| Setembro                 | $\hat{y} = 1432,00 - 0,140674x_1 - 0,508087x_2$ | -0,641            | 0,972                 | 94,4            |
| Outubro                  | $\hat{y} = 1565,10 - 0,166525x_1 - 0,537108x_2$ | -0,698            | 0,973                 | 94,7            |
| Novembro                 | $\hat{y} = 1477,08 - 0,174135x_1 - 0,454328x_2$ | -0,772            | 0,956                 | 91,4            |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 1501,17 - 0,187381x_1 - 0,414443x_2$ | -0,817            | 0,950                 | 90,4            |
| Ano                      | $\hat{y} = 1334,67 - 0,158326x_1 - 0,403527x_2$ | -0,796            | 0,975                 | 95,2            |
| TEMPERATURA BASE: 50 °C  |                                                 |                   |                       |                 |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 1289,46 - 0,198863x_1 - 0,357317x_2$ | -0,876            | 0,965                 | 93,2            |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 1118,49 - 0,180809x_1 - 0,301152x_2$ | -0,897            | 0,974                 | 94,9            |
| Março                    | $\hat{y} = 1193,40 - 0,182187x_1 - 0,337813x_2$ | -0,882            | 0,978                 | 95,6            |
| Abril                    | $\hat{y} = 1026,41 - 0,149094x_1 - 0,315889x_2$ | -0,837            | 0,960                 | 92,3            |
| Maio                     | $\hat{y} = 1000,25 - 0,148021x_1 - 0,345299x_2$ | -0,800            | 0,948                 | 89,8            |
| Junho                    | $\hat{y} = 980,22 - 0,120092x_1 - 0,380750x_2$  | -0,693            | 0,955                 | 91,3            |
| Julho                    | $\hat{y} = 990,90 - 0,118352x_1 - 0,388606x_2$  | -0,675            | 0,952                 | 90,7            |
| Agosto                   | $\hat{y} = 1193,78 - 0,126792x_1 - 0,480662x_2$ | -0,603            | 0,954                 | 91,1            |
| Setembro                 | $\hat{y} = 1287,05 - 0,139978x_1 - 0,511062x_2$ | -0,635            | 0,973                 | 94,6            |
| Outubro                  | $\hat{y} = 1388,64 - 0,164528x_1 - 0,525024x_2$ | -0,704            | 0,974                 | 95,0            |
| Novembro                 | $\hat{y} = 1327,08 - 0,174135x_1 - 0,454329x_2$ | -0,772            | 0,956                 | 91,4            |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 1344,75 - 0,187351x_1 - 0,413676x_2$ | -0,818            | 0,951                 | 90,4            |
| Ano                      | $\hat{y} = 1161,36 - 0,156171x_1 - 0,391245x_2$ | -0,801            | 0,974                 | 95,0            |
| TEMPERATURA BASE: 109 °C |                                                 |                   |                       |                 |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 1130,29 - 0,198139x_1 - 0,355089x_2$ | -0,877            | 0,965                 | 93,2            |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 977,77 - 0,180003x_1 - 0,300922x_2$  | -0,897            | 0,974                 | 94,8            |
| Março                    | $\hat{y} = 1049,84 - 0,180419x_1 - 0,345097x_2$ | -0,874            | 0,975                 | 95,2            |
| Abril                    | $\hat{y} = 850,57 - 0,149202x_1 - 0,300906x_2$  | -0,858            | 0,971                 | 94,1            |
| Maio                     | $\hat{y} = 760,46 - 0,129632x_1 - 0,296329x_2$  | -0,810            | 0,952                 | 90,7            |
| Junho                    | $\hat{y} = 663,52 - 0,091583x_1 - 0,282178x_2$  | -0,699            | 0,946                 | 89,5            |
| Julho                    | $\hat{y} = 672,69 - 0,087307x_1 - 0,289360x_2$  | -0,670            | 0,952                 | 90,6            |
| Agosto                   | $\hat{y} = 908,10 - 0,099504x_1 - 0,404635x_2$  | -0,562            | 0,949                 | 90,1            |
| Setembro                 | $\hat{y} = 1078,43 - 0,126529x_1 - 0,476879x_2$ | -0,621            | 0,977                 | 95,6            |
| Outubro                  | $\hat{y} = 1216,59 - 0,155861x_1 - 0,515201x_2$ | -0,689            | 0,975                 | 95,1            |
| Novembro                 | $\hat{y} = 1167,70 - 0,170548x_1 - 0,448927x_2$ | -0,769            | 0,957                 | 91,5            |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 1182,72 - 0,185793x_1 - 0,409858x_2$ | -0,819            | 0,951                 | 90,5            |
| Ano                      | $\hat{y} = 970,74 - 0,147934x_1 - 0,367847x_2$  | -0,801            | 0,971                 | 94,4            |
| TEMPERATURA BASE: 159 °C |                                                 |                   |                       |                 |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 946,77 - 0,187496x_1 - 0,339054x_2$  | -0,867            | 0,956                 | 91,4            |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 812,19 - 0,176273x_1 - 0,285471x_2$  | -0,894            | 0,966                 | 93,3            |
| Março                    | $\hat{y} = 846,59 - 0,169405x_1 - 0,316884x_2$  | -0,880            | 0,977                 | 95,5            |
| Abril                    | $\hat{y} = 623,22 - 0,115565x_1 - 0,254109x_2$  | -0,835            | 0,969                 | 94,0            |
| Maio                     | $\hat{y} = 458,68 - 0,082737x_1 - 0,198498x_2$  | -0,815            | 0,974                 | 95,0            |
| Junho                    | $\hat{y} = 338,05 - 0,051659x_1 - 0,155104x_2$  | -0,706            | 0,939                 | 88,3            |
| Julho                    | $\hat{y} = 357,23 - 0,049458x_1 - 0,166654x_2$  | -0,650            | 0,933                 | 87,1            |
| Agosto                   | $\hat{y} = 542,62 - 0,059763x_1 - 0,261486x_2$  | -0,526            | 0,961                 | 92,3            |
| Setembro                 | $\hat{y} = 708,10 - 0,085493x_1 - 0,339878x_2$  | -0,593            | 0,979                 | 96,0            |
| Outubro                  | $\hat{y} = 857,84 - 0,118258x_1 - 0,394220x_2$  | -0,686            | 0,979                 | 95,8            |
| Novembro                 | $\hat{y} = 935,45 - 0,148417x_1 - 0,401536x_2$  | -0,755            | 0,951                 | 90,5            |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 985,02 - 0,173415x_1 - 0,385119x_2$  | -0,819            | 0,953                 | 90,9            |
| Ano                      | $\hat{y} = 643,55 - 0,107436x_1 - 0,260553x_2$  | -0,798            | 0,958                 | 91,9            |
| TEMPERATURA BASE: 209 °C |                                                 |                   |                       |                 |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 715,53 - 0,154676x_1 - 0,293209x_2$  | -0,870            | 0,969                 | 93,9            |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 608,10 - 0,136684x_1 - 0,247233x_2$  | -0,873            | 0,962                 | 92,6            |
| Março                    | $\hat{y} = 564,96 - 0,120456x_1 - 0,237943x_2$  | -0,868            | 0,977                 | 95,5            |
| Abril                    | $\hat{y} = 325,11 - 0,059748x_1 - 0,146411x_2$  | -0,805            | 0,971                 | 94,3            |
| Maio                     | $\hat{y} = 175,88 - 0,030276x_1 - 0,082322x_2$  | -0,751            | 0,947                 | 89,8            |
| Junho                    | $\hat{y} = 107,12 - 0,016170x_1 - 0,052563x_2$  | -0,654            | 0,916                 | 83,9            |
| Julho                    | $\hat{y} = 111,48 - 0,016321x_1 - 0,055314x_2$  | -0,640            | 0,924                 | 85,4            |
| Agosto                   | $\hat{y} = 177,01 - 0,019639x_1 - 0,088921x_2$  | -0,500            | 0,950                 | 90,4            |
| Setembro                 | $\hat{y} = 250,98 - 0,028214x_1 - 0,125902x_2$  | -0,511            | 0,955                 | 91,3            |
| Outubro                  | $\hat{y} = 395,40 - 0,056388x_1 - 0,191672x_2$  | -0,666            | 0,963                 | 92,7            |
| Novembro                 | $\hat{y} = 549,54 - 0,091842x_1 - 0,253906x_2$  | -0,751            | 0,956                 | 91,5            |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 674,70 - 0,127790x_1 - 0,291537x_2$  | -0,815            | 0,958                 | 91,7            |
| Ano                      | $\hat{y} = 373,71 - 0,068171x_1 - 0,164351x_2$  | -0,809            | 0,969                 | 93,9            |

Tabela 2. Equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas para a faixa litorânea do Estado em função da altitude, em metros, latitude, em minutos, distância ao mar, em quilômetros e os respectivos coeficientes de correlação.

| MESES                    | EQUAÇÕES DE REGRESSÃO                                        | $r_{y \cdot x_1}$ | $R_{y \cdot x_1 x_2}$ | $R_{y \cdot x_1 x_2 x_3}$ | $R^2_{100}$ |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|-------------|
| TEMPERATURA BASE: 00 °C  |                                                              |                   |                       |                           |             |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 817,25 - 0,987884x_1 - 0,047620x_2 + 0,230150x_3$ | -0,683            | 0,762                 | 0,867                     | 75,2        |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 792,63 - 0,936651x_1 - 0,068378x_2 + 0,038520x_3$ | -0,500            | 0,734                 | 0,739                     | 54,6        |
| Março                    | $\hat{y} = 922,44 - 1,127230x_1 - 0,112941x_2 - 0,111816x_3$ | -0,267            | 0,823                 | 0,852                     | 72,6        |
| Abril                    | $\hat{y} = 765,63 - 0,485840x_1 - 0,091504x_2 - 0,222715x_3$ | -0,222            | 0,605                 | 0,726                     | 52,8        |
| Maio                     | $\hat{y} = 725,43 - 0,157038x_1 - 0,109395x_2 - 0,281510x_3$ | 0,542             | 0,807                 | 0,926                     | 85,7        |
| Junho                    | $\hat{y} = 763,82 - 0,240482x_1 - 0,173014x_2 - 0,279024x_3$ | 0,549             | 0,883                 | 0,940                     | 88,4        |
| Julho                    | $\hat{y} = 648,90 - 0,006229x_1 - 0,122720x_2 - 0,191281x_3$ | 0,614             | 0,883                 | 0,928                     | 86,2        |
| Agosto                   | $\hat{y} = 729,06 - 0,268693x_1 - 0,150770x_2 - 0,128125x_3$ | 0,498             | 0,902                 | 0,923                     | 85,1        |
| Setembro                 | $\hat{y} = 753,72 - 0,336404x_1 - 0,152543x_2 - 0,040778x_3$ | 0,453             | 0,958                 | 0,960                     | 92,2        |
| Outubro                  | $\hat{y} = 800,21 - 0,645188x_1 - 0,136296x_2 - 0,026232x_3$ | 0,202             | 0,938                 | 0,940                     | 98,3        |
| Novembro                 | $\hat{y} = 756,11 - 0,549441x_1 - 0,092445x_2 + 0,214479x_3$ | -0,130            | 0,771                 | 0,903                     | 81,5        |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 811,34 - 1,015028x_1 - 0,070299x_2 + 0,230735x_3$ | -0,546            | 0,706                 | 0,803                     | 64,4        |
| Ano                      | $\hat{y} = 774,91 - 0,549432x_1 - 0,111386x_2 - 0,044458x_3$ | 0,179             | 0,840                 | 0,845                     | 71,4        |
| TEMPERATURA BASE: 50 °C  |                                                              |                   |                       |                           |             |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 662,25 - 0,987884x_1 - 0,047620x_2 + 0,230150x_3$ | -0,683            | 0,762                 | 0,867                     | 75,2        |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 652,63 - 0,936652x_1 - 0,068378x_2 + 0,038520x_3$ | -0,500            | 0,734                 | 0,739                     | 54,6        |
| Março                    | $\hat{y} = 765,46 - 1,266120x_1 - 0,111814x_2 - 0,100376x_3$ | -0,388            | 0,843                 | 0,864                     | 74,7        |
| Abril                    | $\hat{y} = 610,47 - 0,396555x_1 - 0,090807x_2 - 0,176186x_3$ | 0,263             | 0,632                 | 0,710                     | 50,5        |
| Maio                     | $\hat{y} = 570,43 - 0,157038x_1 - 0,109395x_2 - 0,281210x_3$ | 0,542             | 0,807                 | 0,926                     | 85,7        |
| Junho                    | $\hat{y} = 616,67 - 0,021318x_1 - 0,174233x_2 - 0,272104x_3$ | 0,629             | 0,915                 | 0,962                     | 92,6        |
| Julho                    | $\hat{y} = 471,32 - 0,111789x_1 - 0,111975x_2 - 0,164438x_3$ | 0,638             | 0,872                 | 0,907                     | 82,2        |
| Agosto                   | $\hat{y} = 560,33 - 0,215102x_1 - 0,144251x_2 - 0,111838x_3$ | 0,511             | 0,914                 | 0,926                     | 85,8        |
| Setembro                 | $\hat{y} = 603,75 - 0,350971x_1 - 0,152258x_2 - 0,055826x_3$ | 0,453             | 0,961                 | 0,965                     | 93,0        |
| Outubro                  | $\hat{y} = 645,21 - 0,645188x_1 - 0,136296x_2 - 0,026232x_3$ | 0,202             | 0,938                 | 0,940                     | 88,3        |
| Novembro                 | $\hat{y} = 606,11 - 0,549441x_1 - 0,092445x_2 + 0,214479x_3$ | -0,130            | 0,771                 | 0,903                     | 81,5        |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 656,34 - 1,015028x_1 - 0,070299x_2 + 0,230735x_3$ | -0,546            | 0,706                 | 0,803                     | 64,4        |
| Ano                      | $\hat{y} = 618,17 - 0,534456x_1 - 0,109300x_2 - 0,035255x_3$ | 0,176             | 0,845                 | 0,849                     | 72,0        |
| TEMPERATURA BASE: 100 °C |                                                              |                   |                       |                           |             |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 507,25 - 0,987884x_1 - 0,047620x_2 - 0,230150x_3$ | -0,683            | 0,762                 | 0,867                     | 75,2        |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 512,63 - 0,936652x_1 - 0,068378x_2 + 0,038520x_3$ | -0,500            | 0,734                 | 0,739                     | 54,6        |
| Março                    | $\hat{y} = 610,46 - 1,266120x_1 - 0,111814x_2 - 0,100376x_3$ | -0,388            | 0,843                 | 0,864                     | 74,7        |
| Abril                    | $\hat{y} = 463,83 - 0,482781x_1 - 0,090560x_2 - 0,195644x_3$ | 0,210             | 0,620                 | 0,720                     | 51,9        |
| Maio                     | $\hat{y} = 380,65 - 0,046604x_1 - 0,091130x_2 - 0,221208x_3$ | 0,592             | 0,836                 | 0,935                     | 87,4        |
| Junho                    | $\hat{y} = 396,78 - 0,193357x_1 - 0,132947x_2 - 0,150918x_3$ | 0,533             | 0,939                 | 0,970                     | 94,2        |
| Julho                    | $\hat{y} = 276,88 + 0,074503x_1 - 0,081463x_2 - 0,045513x_3$ | 0,646             | 0,938                 | 0,944                     | 89,0        |
| Agosto                   | $\hat{y} = 307,81 + 0,005177x_1 - 0,089639x_2 - 0,027117x_3$ | 0,594             | 0,940                 | 0,940                     | 88,8        |
| Setembro                 | $\hat{y} = 399,39 - 0,172200x_1 - 0,124047x_2 + 0,023690x_3$ | 0,489             | 0,969                 | 0,970                     | 94,1        |
| Outubro                  | $\hat{y} = 481,35 - 0,607268x_1 - 0,131670x_2 + 0,007542x_3$ | 0,192             | 0,939                 | 0,940                     | 88,3        |
| Novembro                 | $\hat{y} = 444,92 - 0,519001x_1 - 0,086759x_2 + 0,234110x_3$ | -0,153            | 0,747                 | 0,910                     | 82,8        |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 501,34 - 1,015028x_1 - 0,070299x_2 + 0,230735x_3$ | -0,546            | 0,706                 | 0,803                     | 64,4        |
| Ano                      | $\hat{y} = 438,37 - 0,486824x_1 - 0,093216x_2 + 0,006122x_3$ | 0,112             | 0,846                 | 0,846                     | 71,5        |
| TEMPERATURA BASE: 150 °C |                                                              |                   |                       |                           |             |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 342,44 - 0,913162x_1 - 0,042736x_2 + 0,249770x_3$ | -0,678            | 0,749                 | 0,878                     | 77,2        |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 363,80 - 0,860403x_1 - 0,064042x_2 + 0,053113x_3$ | -0,494            | 0,730                 | 0,740                     | 54,7        |
| Março                    | $\hat{y} = 433,83 - 1,209480x_1 - 0,100876x_2 - 0,064156x_3$ | -0,457            | 0,862                 | 0,872                     | 76,0        |
| Abril                    | $\hat{y} = 529,14 - 1,338460x_1 - 0,184760x_2 - 0,048951x_3$ | -0,048            | 0,624                 | 0,626                     | 39,1        |
| Maio                     | $\hat{y} = 202,60 - 0,065320x_1 - 0,061407x_2 - 0,084824x_3$ | 0,582             | 0,927                 | 0,970                     | 94,1        |
| Junho                    | $\hat{y} = 163,02 - 0,018528x_1 - 0,062179x_2 - 0,042063x_3$ | 0,578             | 0,913                 | 0,923                     | 85,2        |
| Julho                    | $\hat{y} = 98,22 + 0,093095x_1 - 0,033692x_2 + 0,011737x_3$  | 0,714             | 0,979                 | 0,981                     | 96,2        |
| Agosto                   | $\hat{y} = 130,48 + 0,021422x_1 - 0,047622x_2 + 0,028286x_3$ | 0,563             | 0,931                 | 0,939                     | 88,2        |
| Setembro                 | $\hat{y} = 186,54 - 0,099561x_1 - 0,068944x_2 + 0,042848x_3$ | 0,453             | 0,967                 | 0,978                     | 95,6        |
| Outubro                  | $\hat{y} = 257,62 - 0,382625x_1 - 0,084375x_2 + 0,053774x_3$ | 0,147             | 0,941                 | 0,955                     | 91,2        |
| Novembro                 | $\hat{y} = 261,01 - 0,395507x_1 - 0,065473x_2 + 0,235393x_3$ | -0,199            | 0,700                 | 0,938                     | 88,0        |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 313,24 - 0,897746x_1 - 0,053217x_2 + 0,272749x_3$ | -0,588            | 0,691                 | 0,836                     | 69,9        |
| Ano                      | $\hat{y} = 276,12 - 0,523520x_1 - 0,073682x_2 + 0,059920x_3$ | -0,156            | 0,951                 | 0,973                     | 94,7        |
| TEMPERATURA BASE: 200 °C |                                                              |                   |                       |                           |             |
| Janeiro                  | $\hat{y} = 168,70 - 0,631340x_1 - 0,026946x_2 + 0,275369x_3$ | -0,657            | 0,705                 | 0,939                     | 96,3        |
| Fevereiro                | $\hat{y} = 203,93 - 0,619744x_1 - 0,047730x_2 + 0,092809x_3$ | -0,524            | 0,758                 | 0,810                     | 65,5        |
| Março                    | $\hat{y} = 232,45 - 0,735155x_1 - 0,068890x_2 + 0,037166x_3$ | -0,433            | 0,878                 | 0,885                     | 78,4        |
| Abril                    | $\hat{y} = 155,65 - 0,300330x_1 - 0,055982x_2 + 0,026526x_3$ | 0,060             | 0,791                 | 0,798                     | 63,7        |
| Maio                     | $\hat{y} = 54,43 - 0,022110x_1 - 0,019088x_2 - 0,000944x_3$  | 0,510             | 0,948                 | 0,948                     | 89,8        |
| Junho                    | $\hat{y} = 39,21 - 0,010814x_1 - 0,016987x_2 + 0,008732x_3$  | 0,463             | 0,861                 | 0,867                     | 75,1        |
| Julho                    | $\hat{y} = 20,84 - 0,015659x_1 - 0,008635x_2 + 0,010352x_3$  | 0,343             | 0,879                 | 0,918                     | 84,2        |
| Agosto                   | $\hat{y} = 27,78 - 0,003388x_1 - 0,011756x_2 + 0,020063x_3$  | 0,438             | 0,911                 | 0,982                     | 96,4        |
| Setembro                 | $\hat{y} = 37,37 - 0,012738x_1 - 0,015239x_2 + 0,026655x_3$  | 0,395             | 0,912                 | 0,990                     | 98,1        |
| Outubro                  | $\hat{y} = 71,97 - 0,133519x_1 - 0,027984x_2 + 0,080550x_3$  | -0,068            | 0,781                 | 0,978                     | 95,7        |
| Novembro                 | $\hat{y} = 104,98 - 0,237246x_1 - 0,033506x_2 + 0,160186x_3$ | -0,290            | 0,636                 | 0,936                     | 87,6        |
| Dezembro                 | $\hat{y} = 271,77 - 0,951803x_1 - 0,095680x_2 + 0,256062x_3$ | -0,441            | 0,797                 | 0,925                     | 85,6        |
| Ano                      | $\hat{y} = 116,33 - 0,305686x_1 - 0,036001x_2 + 0,083563x_3$ | -0,339            | 0,804                 | 0,921                     | 84,9        |

## CONCLUSÕES

Com base nos dados estudados chegou-se às seguintes conclusões:

1. Na parte continental do Estado a soma de temperaturas efetivas está correlacionada com a altitude e a latitude. Na faixa litorânea a mesma está associada, além das duas variáveis acima, à distância ao mar.
2. As equações calculadas com as variáveis acima mencionadas, permitem estimar os graus-dias para a parte continental e, em muitos casos, para a faixa litorânea do Estado.

## LITERATURA CITADA

1. BURIOL, G. A., ESTEFANEL, V., FERREIRA, M. e PINTO, H. S. - Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 3(1-4):131-150, 1973.
2. BURIOL, G. A., FERREIRA, M. e ESTEFANEL, V. - Variabilidade das temperaturas médias mensais e estacionais do ar no Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 4(3):271-274, 1974.
3. BURIOL, G. A., ESTEFANEL, V. e FERREIRA, M. - Estimativa da evapotranspiração potencial mensal e anual do Estado do Rio Grande do Sul em função da altitude, latitude e longitude. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 5(3):181-192, 1975.
4. DAMARIO, E. A. e PASCALE, A. J. - Estimación de suma de temperaturas efetivas normales para studios agroclimáticos. *Rev. de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires*, Buenos Aires, 19(13):109-124, 1971.
5. DAMARIO, E. A., PASCALE, A. J. e BURIOL, G. A. - Disponibilidade de calor para os cultivos no Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 6(2):129-163, 1976.
6. ESTEFANEL, V., FERREIRA, M., BURIOL, G. A. e PINTO, H. S. - Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 3(1-4):1-20, 1973.
7. FERREIRA, M., BURIOL, G. A., ESTEFANEL, V. e PINTO, H. S. - Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 1(4):21-52, 1971.
8. LINDSEY, A. e NEWMAN, J. E. - Use of official weather data

---

in spring time temperature analysis of an Indiana phenological record. *Ecology*, 37(4):812-823, 1956.

9. THOM, H. C. S. - The relational relationship between heating degree-day and temperature. *Monthly Weather Review*, 82(1):1-6, 1954.