

ESTIMATIVAS DE GRAUS-DIA MENS AIS E ANUAL PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO EM FUNÇÃO DE FATORES GEOGRÁFICOS

DEGREE-DAYS AS A FUNCTION OF GEOGRAPHICAL FACTORS: MONTHLY AND ANNUAL ESTIMATES FOR ESPIRITO SANTO STATE, BRAZIL

LEANDRO ROBERTO FEITOZA*

JORGE MAMERI DE AZEVEDO**

YOICHI KUGIZAKI***

NILTON DESSAUNE FILHO****

ISSUE DOI: 10.5008/1809.7367.050

RESUMO

Com dados de 22 estações meteorológicas situadas na parte continental e 13 na região costeira, calcularam-se para cada local as somas de temperaturas efetivas mensais para temperaturas-base de 5,0°C, 7,5°C, 10,0°C, 12,5°C, 15,0°C, 17,5°C e 20,0°C. Aos novos dados calculados para vários locais e temperaturas-base foram ajustadas equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas em função das coordenadas geográficas. Para a região continental, a equação que encerra as variáveis altitude, latitude e longitude apresentou bom ajuste e, para a região costeira, o modelo que considera a altitude, a latitude e a distância da costa permite estimativas aceitáveis.

Palavras-chave: Agroclimatologia. Soma de temperaturas efetivas. Equações estimativas.

ABSTRACT

Data from 22 meteorological stations located inland and 13 stations on the coast were used to obtain, for different localities, in the State of Espírito Santo, the sums of effective monthly temperatures for base temperatures of 5,0°C, 7,5°C, 10,0°C, 12,5°C, 15,0°C, 17,5°C and 20,0°C. The new data obtained were used to construct regression equations to estimate the sums of effective temperatures as a function of geographic coordinates (latitude, altitude and longitude or distance from the coast). The resultant fit was good for the continental regions with equations that use latitude, altitude and longitude. For the coastal region, the equation, taking account altitude, latitude and distance from the coast gave acceptable estimates.

Keywords: Agroclimatology. Sums of effective temperature. Estimate regression equations.

* Eng. Agr. Phd em Estudos de Desenvolvimento (Recursos Naturais e Meio Ambiente), Incaper.

** Eng. Agr., Bs. Incaper.

*** Eng. Agr., Ms. em Economia Rural, Incaper.

**** Eng. Agr., Ms. em Estatística Experimental, Centro Universitário Vila Velha (UVV).

INTRODUÇÃO

Para o zoneamento agroclimático dos cultivos, são necessárias duas etapas bem definidas: a determinação das exigências bioclimáticas das espécies e suas cultivares e a delimitação regional dessas disponibilidades climáticas regionais. O ajuste entre necessidades biológicas e disponibilidades ambientais conduz ao zoneamento das aptidões agroclimáticas da região em estudo (DAMARIO et al., 1976).

Quando se estuda a duração de um cultivo, observa-se que ele não é constante, variando segundo as regiões e até em uma mesma localidade, de acordo com os anos e épocas de plantio (DE FINA; RAVELO, 1975).

A ação positiva do elemento bioclimático, soma térmica, no desenvolvimento de um cultivo se mede mediante a acumulação diária de temperatura a partir de um “zero” de crescimento mínimo, variável em cada espécie vegetal. Esse elemento tem sido denominado de soma de temperaturas, unidades térmicas, unidades calóricas ou graus-dia, sinônimos que indicam a acumulação residual diária a partir de uma temperatura-base, somatório que se realiza para o ciclo total ou para fases de desenvolvimento de um dado vegetal (DAMÁRIO; PASCALE, 1971).

O conhecimento das temperaturas efetivas normais torna-se imprescindível nos estudos de caráter agroclimático destinados a avaliar as aptidões locais ou regionais para a produção de cultivos agrícolas, cujas necessidades de calor sejam reconhecidas (BARDIN et al., 2010b; DAMÁRIO; PASCALE, 1971; SOUZA et al., 2010; TECCHIO et al., 2011; VOLPE et al., 2002), e utiliza-se a temperatura do ar como expressão da carga de calor, devido à facilidade de obtenção da informação.

Pelo método direto, calcula-se utilizando a Equação 1:

$$\text{Eq. 1) Graus-dia} = \frac{t_M + t_m}{2} - t_b$$

Em que:

t_M = temperatura máxima diária

t_m = temperatura mínima diária

t_b = temperatura-base

Considerando uma variação linear na marcha da temperatura do ar desde a mínima até a máxima, Lindsay e Newman (1956, *apud* DAMARIO; PASCALE, 1971) elaboraram uma fórmula para calcular as temperaturas residuais diárias, quando a temperatura-base se encontra compreendida entre as temperaturas extremas conforme a Equação 2:

$$\text{Eq.2) Graus-dia} = 0,5 \frac{(t_M - t_b)^2}{(t_M - t_m)}$$

Em que:

t_M = temperatura máxima diária

t_m = temperatura mínima diária

t_b = temperatura-base

O valor da temperatura média mensal não expressa a variabilidade diária da temperatura. Constata-se, no cálculo, um erro tanto maior quanto maior seja essa variabilidade. Tendo-se em conta a relação existente entre a variabilidade das médias mensais e dos valores diários de temperatura do ar, Thom (1954) propôs uma fórmula para estimar, com suficiente aproximação, as temperaturas efetivas normais acima de qualquer temperatura-base, usando valores normais mensais, que pode ser traduzida pela Equação 3:

$$\text{Eq.3) } \sum t_T = N [(\bar{t} - t_b) + \ell \sigma_t \sqrt{N}]$$

Em que:

$\sum t_T$ = soma de temperaturas efetivas sobre qualquer temperatura-base

N = número de dias do mês

\bar{t} = temperatura média mensal

t_b = temperatura-base

σ_t = desvio padrão da temperatura média mensal

ℓ = fator de correção cujo valor está em função não linear (função λ) com o valor h :

Em que:

$$\ell = \frac{\frac{\sum t_D}{N} - (\bar{t} + t_b)}{\sigma_t \sqrt{N}}$$

Em que:

$\sum t_D$ = média das somas de temperaturas efetivas mensais sobre um determinado nível pelo método direto

N = número de dias do mês

\bar{t} = temperatura média mensal

t_b = temperatura-base

$\sigma_{\bar{t}}$ = desvio padrão da temperatura média mensal

$$h = \frac{\bar{t} + t_b}{\sigma_{\bar{t}} \sqrt{N}}$$

Em que :

\bar{t} = temperatura média mensal

t_b = temperatura-base

$\sigma_{\bar{t}}$ = desvio padrão da temperatura média mensal

Obs.: Os valores de h e ℓ foram tabulados a partir de valores observados nos Estados Unidos.

Damario e Pascale (1971) desenvolveram um método para cômputo de temperaturas efetivas normais mensais sobre qualquer temperatura-base, que inclui melhorias no cálculo direto, pois considera o desvio padrão da temperatura média mensal (THOM, 1954) e a amplitude dos valores térmicos extremos (LINDSEY; NEWMAN, 1956) adaptando esta última correção a valores mensais. O referido método pode ser expresso pela Equação 4:

$$\text{Eq.4) } \sum t_{\text{TCLN}} = [(\bar{t} - t_b) + \ell \sigma_{\bar{t}} \sqrt{N}] N + N \cdot 0,1965 \cdot e^{0,3818f}$$

$\sum t_{\text{TCLN}}$ = Estimativa climática da soma de graus-dia mensais pelo método de Thom com ℓ tabulado por Damario e Pascale para localidades argentinas (1972) e considerando o efeito da amplitude mensal da temperatura.

\bar{t} = temperatura média mensal

t_b = temperatura-base

ℓ = fator de correção cujo valor está em função não linear (função λ) com o valor h:

$\sigma_{\bar{t}}$ = desvio padrão da temperatura média mensal

N = número de dias do mês

f = fator cujo valor dependerá da amplitude e estará influenciado pela variabilidade das temperaturas extremas médias

$$f = \frac{(\bar{t}_M - t_b)(t_b - \bar{t}_m)}{(\bar{t}_M - \bar{t}_m)}$$

Em que:

\bar{t}_M = temperatura média mensal

\bar{t}_m = temperatura média mínima mensal

Obs.: Damario e Pascale (197-), elaboraram tabela em que a relação entre h e l foi obtida a partir de valores reais observados em diversas localidades da Argentina, Brasil e Itália e a publicaram posteriormente em Pascale e Damario (2004).

Damario et al. (1976) calcularam a média das somas de temperaturas efetivas sobre 0°C, 5,0°C, 10,0°C, 15,0°C e 20,0°C pelo método direto (DAMARIO; PASCALE, 1971), de Lindsay e Newman (1956), de Thom (1954) e de Damario e Pascale (1971) com h e l tabelados com dados de localidades do Rio Grande do Sul e demonstraram ser este último o mais eficiente.

A escassez de dados meteorológicos dificulta sobremaneira a execução de trabalhos de zoneamento de parâmetros agroclimáticos em muitas regiões do País. O Estado do Espírito Santo possui uma diversidade muito grande de ambientes. Sendo assim, grandes áreas desprovidas de estações meteorológicas com dados normais de temperaturas tornam-se fator limitante na elaboração de trabalhos de zoneamento suficientemente detalhados.

Feitoza et al. (1979, 1980a e 1980b) no Estado do Espírito Santo, Moraes et al. (2010) nos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e Bardin et al. (2010a) no Estado de São Paulo realizaram trabalhos para a estimativa de temperaturas média, média das máximas e média das mínimas mensais e anuais em função de fatores geográficos, e as equações de regressão quadrática mostraram-se bem ajustadas.

Buriol e Estefanel (1976) desenvolveram equação de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas com temperaturas-base de 0°C, 5,0°C, 10,0°C, 15,0°C e 20,0°C em função de coordenadas geográficas no Rio Grande do Sul. Na região continental do Estado, a altitude e a latitude influenciam significativamente nas estimativas de soma térmica, enquanto, na faixa litorânea, a distância da costa apresentou-se como um parâmetro relevante. Pedro Junior et al. (1977) estudaram equação de regressão para a estimativa de somas de temperaturas efetivas para a temperaturas-base de 10,0°C em função da altitude e latitude para o Estado de São Paulo. Oliveira et al. (1981) realizaram estudo semelhante extensivo a todo o Brasil, determinando um sistema de equações para cada região do País para temperaturas-base de 5,0°C, 10,0°C, 15,0°C e 20,0°C.

Em razão da deficiência de estações meteorológicas com dados normais e da importância do conhecimento espacial das condições térmicas, no tocante à carga de calor no Estado, são desenvolvidas, no presente estudo, equações de regressão para estimar as somas das temperaturas efetivas mensais e anuais em função da altitude, latitude, longitude ou continentalidade, tendo como temperaturas-base 5,0°C, 7,5°C, 10,0°C, 12,5°C, 15,0°C, 17,5°C e 20,0°C. A estimativa da soma térmica em função desses fatores, que são prontamente disponíveis para qualquer localidade, propicia simplicidade de cálculo na obtenção da informação que pode ser obtida ao longo de toda a superfície do Estado.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperaturas médias, das máximas e média das mínimas do ar à sombra para a execução do trabalho são de locais dos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, situados entre a Serra da Mantiqueira, Serra das Vertentes, Serra do Espinhaço, Serra Negra, Serra da Noruega e o Oceano Atlântico (Tabela 1). Os referidos dados foram adquiridos no 6º, 5º e 4º Distritos do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (Emcapa), hoje denominada Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Tabela 1 – Estações meteorológicas utilizadas para o estudo de estimativa das temperaturas efetivas no Estado do Espírito Santo em função dos fatores geográficos

Locais	Instituição responsável	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Distância do Oceano Atlântico (Km)	Período de observação analisado
Angra dos Reis – RJ*	6º DISME	23º 01´	44º 19´	2	0,5	1913 - 1960
Araras - RJ	6º DISME	22º 31´	43º 11´	820	41,0	1943 - 1960
Barreirinho - RJ	6º DISME	22º 27´	44º 50´	757	69,0	1953 - 1960
Carmo - RJ	6º DISME	21º 55´	42º 37´	341	95,0	1913 - 1962
Cabo Frio – RJ*	6º DISME	21º 53´	42º 02´	2	0,5	1916 - 1960
Campos - RJ	6º DISME	21º 45´	41º 20´	11	34,0	1912 - 1960
Itaperuna - RJ	6º DISME	21º 11´	41º 53´	127	91,0	1922 - 1960
Macaé – RJ*	6º DISME	22º 21´	41º 48´	3	0,5	1912 - 1962
Pinheiral - RJ	6º DISME	22º 31´	40º 00´	185	45,0	1911 - 1960
Pirai - RJ	6º DISME	22º 38´	43º 54´	386	31,0	1942 - 1960
Resende - RJ	6º DISME	22º 29´	44º 28´	439	54,0	1911 - 1960
Rio D´Ouro - RJ	6º DISME	22º 37´	43º 28´	127	30,0	1913 - 1960
Santa Cruz – RJ*	6º DISME	22º 55´	43º 41´	35	5,0	1922 - 1956
Santa Maria Madalena - RJ	6º DISME	21º 59´	42º 01´	620	50,0	1922 - 1962
São Pedro – RJ*	6º DISME	22º 38´	43º 33´	179	32,0	1913 - 1960
Santo Antônio de Pádua - RJ	6º DISME	21º 32´	42º 12´	94	100,0	1924 - 1960
Teresópolis - RJ	6º DISME	22º 27´	42º 59´	874	30,0	1913 - 1967
Teresópolis (Parque Nacional) - RJ	6º DISME	22º 27´	42º 59´	959	30,0	1943 - 1960
Universidade Rural – Km 47 – RJ**	6º DISME	22º 46´	43º 41´	33	22,0	1939 - 1960
Vassouras - RJ	6º DISME	22º 24´	43º 40´	446	57,0	1912 - 1960
Volta Redonda -RJ	6º DISME	22º 29´	44º 05´	418	48,0	1941 - 1960
Cachoeiro de Itapemirim –ES**	6º DISME	20º 51´	41º 07´	34	32,5	1929 - 1960
Conceição da Barra – ES*	6º DISME	18º 35´	39º 44´	4	0,5	1931 - 1960
Linhares – ES*	6º DISME	19º 24´	40º 04´	28	30,0	1967 - 1979
Est. Exper. Mendes da Fonseca – D. Martins - ES	EMCAPA	20º 23´	41º 03´	950	60,0	1956 - 1980
Vitória – ES*	6º DISME	20º 19´	40º 20´	31	0,5	1924 - 1960
Caratinga - MG	5º DISME	19º 48´	42º 09´	609	148,0	1925 - 1975
Cataguases - MG	5º DISME	21º 23´	42º 41´	169	143,0	1961 - 1978
Conceição do Mato Dentro - MG	5º DISME	19º 02´	43º 26´	675	345,0	1925 - 1960
Itabira – MG	5º DISME	19º 37´	43º 13´	826	292,0	1918 - 1958
Muriae – MG	5º DISME	21º 08´	42º 22´	240	138,0	1918 - 1960
Santos Dumont - MG	5º DISME	21º 27´	43º 33´	908	145,0	1918 - 1958
Ubá - MG	5º DISME	21º 07´	42º 57´	349	180,0	1917 - 1960
Caravelas – BA*	4º DISME	17º 44´	39º 15´	4	0,5	1945 - 1979

*Dados utilizados somente na região litorânea.

**Dados utilizados tanto na região litorânea como na costeira.

Foram calculadas as temperaturas médias mensais, as médias das temperaturas máximas e mínimas mensais e os desvios padrões das temperaturas médias para todos os locais. Procedeu-se, em seguida, à soma normal e à média anual dos graus-dia de valores normais de cada uma das estações, segundo o método de Damario e Pascale (1971), para as temperaturas-base de 5,0°C, 7,5°C, 10,0°C, 12,5°C, 15,0°C, 17,5°C e 20,0°C.

Para a comprovação da validade do uso do método de estimativa das disponibilidades de calor, segundo Damario e Pascale (1971), calcularam-se os graus-dia em um período de dez anos, nos meses de janeiro e julho, para Linhares/ES e Estação Experimental Mendes da Fonseca/ES, pelos métodos: método direto ($\sum t_D$), de Thom ($\sum t_T$), de Lindsey e Newman ($\sum t_{LN}$), de Thom modificado por Damario e Pascale ($\sum t_{TcLN}$). Quando a temperatura-base foi menor que a temperatura mínima, o método de Lindsey e Newman foi substituído pelo apresentado por Villa Nova (1972).

Foram coletados os dados meteorológicos diários correspondentes aos meses de janeiro e julho, durante o período de 1972 a 1982, e procedeu-se ao cálculo das temperaturas efetivas diárias sobre as temperaturas-base de 5,0°C, 7,5°C, 10,0°C, 12,5°C, 15,0°C, 17,5°C e 20,0°C, mediante dois métodos de cálculo: o direto e o de Lindsay e Newman. Quando a temperatura-base foi menor ou igual à temperatura média, o resíduo obtido pelo método direto foi considerado zero. Nas situações de temperatura máxima menor ou igual à temperatura-base, não foram computados graus-dia pelo método de Lindsay e Newman.

Os valores diários calculados para cada temperatura-base, pelo método direto e pelo de Lindsay e Newman, foram totalizados mensalmente, obtendo-se, dessa forma, a soma de temperaturas residuais de cada mês e ano do período considerado. Esses valores constituem a soma de temperaturas efetivas observadas.

As análises de regressão linear múltipla foram efetuadas testando-se: a) $y = f(x_1, x_2, x_3)$; b) $y = f(x_1, x_2, x_4)$, onde y representa a temperatura média mensal e/ou anual calculada, x_1 a latitude do local em minutos, x_2 a altitude em metros, x_3 a longitude do lugar em minutos e x_4 a distância da costa em quilômetros.

Foi utilizado o método Stepwise-maximum R^2 improvement (MAXR) para a seleção das variáveis que melhor explicam a soma de graus-dia (SAS INSTITUTE, 1979). Nesse método, após aplicar uma análise de regressão para cada variável estudada, seleciona-se aquela que apresentar o R^2 máximo. A essa variável selecionada adiciona-se uma a uma as demais variáveis e, para cada par de variáveis, aplica-se novamente a análise de regressão e seleciona-se o par de variáveis que apresentar o maior incremento ao R^2 máximo. Esse processo se repete para as três variáveis incluídas no modelo.

Na escolha do modelo, foram observados os valores e significância dos coeficientes de determinação avaliados pelo teste “F” e a significância dos coeficientes de regressão testados pelo teste de “t” de Student, admitindo-se significância ao nível de até 10% de probabilidade.

O estudo foi desenvolvido separadamente para a parte continental e costeira, utilizando-se, respectivamente, dados de 22 e 13 locais representativos de cada região (Tabela 1). Considerou-se como região litorânea aquela compreendida na faixa dos 40 quilômetros da costa e localizada em áreas inferiores a 200 metros de altitude e, como continental, aquelas superiores a essa altitude e toda a área situada além da faixa costeira de 40 quilômetros. Alguns locais da zona de transição foram usados tanto na parte continental como na costeira.

RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os graus-dia observados pelo método direto e de Lindsey e Newman, calculados pelo método de Thom e de Thom modificado por Damario e Pascale para os meses de janeiro e julho, para duas localidades do Estado do Espírito Santo.

Nas Tabelas 3 e 4, são apresentadas as equações de regressão estimativas da soma térmica em função da latitude, altitude, longitude e/ou distância da costa para o Estado do Espírito Santo.

Tabela 2 – Graus-dia observados pelo método direto ($\sum t_D$) e de Lindsey e Newman ($\sum t_{LN}$) e calculados pelo método de Thom ($\sum t_T$) e de Thom modificado por Damario e Pascale ($\sum t_{TCLN}$) para os meses de janeiro e julho, em Linhares/ES, e Estação Experimental Mendes da Fonseca/ES

Localidade	Mês	\bar{t}_M	\bar{t}_m	\bar{t}	$\sigma_{\bar{t}}$	t_b	$\sum t_D$	$\sum t_{LN}$	$\sum t_T$	$\sum t_{TCLN}$	$\sum t_D +$ correção*	$\sum t_{LN} -$ $\sum t_D$	$(\sum t_D +$ correção) - $\sum t_{LN}$	$\sum t_{TCLN} -$ $\sum t_{LN}$		
Estação Experimental Mendes da Fonseca	jan	26,0	15,8	21,0	0,8	5,0	495	495	495	495	495	0	0	0		
						7,5	417	417	417	417	417	0	0	0	0	
						10,0	340	340	340	340	340	0	0	0	0	
						12,5	262	262	262	263	262	0	0	0	1	
						15,0	185	186	185	189	189	1	0	0	3	
						17,5	108	116	111	122	118	8	3	2	6	
						20,0	40	61	52	68	56	21	12	-5	7	
	jul	21,3	8,4	14,9	0,9	5,0	306	306	306	307	307	307	0	0	0	1
						7,5	228	230	228	232	232	2	0	2	2	
						10,0	151	160	151	161	161	9	0	1	1	
						12,5	77	99	85	103	95	22	8	-4	4	
						15,0	21	53	36	57	42	32	15	-11	4	
						17,5	2	23	12	29	19	21	10	-4	6	
						20,0	0	7	-**	-**	10	7	-**	3	?	
Linhares	jan	30,7	22,1	26,4	1,0	5,0	664	664	664	664	664	664	0	0	0	
						7,5	586	586	586	586	586	586	0	0	0	0
						10,0	509	509	509	509	509	509	0	0	0	0
						12,5	431	431	431	431	431	431	0	0	0	0
						15,0	354	354	354	354	354	354	0	0	0	0
						17,5	276	276	276	277	276	276	0	0	0	1
						20,0	199	198	199	201	201	-1	0	3	3	
	jul	26,3	16,8	21,5	0,7	5,0	513	513	513	513	513	513	0	0	0	
						7,5	435	435	435	435	435	435	0	0	0	0
						10,0	358	358	358	358	358	358	0	0	0	0
						12,5	280	280	280	281	281	281	0	0	1	1
						15,0	203	204	203	206	206	1	0	2	2	
						17,5	126	131	127	134	134	5	1	3	3	
						20,0	55	70	60	73	69	15	5	-1	3	

* N. 0,1965 . e^{0,3818t}; **Valores desconhecidos

Tabela 3 – Equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas para a zona continental do Estado do Espírito Santo em função dos fatores geográficos altitude (x_2), latitude (x_1) e longitude (x_3) e os respectivos coeficientes de determinação (continua)

Meses	Equações de regressão				R ² .100
TEMPERATURA-BASE 5°C					
Janeiro	y= 684,68	-0,114706 x_1^*	- 0,179324 x_2^*	+ 0,049003 x_3^{ns}	98,17°
Fevereiro	y= 677,37	-0,090836 x_1^*	- 0,168936 x_2^*	+ 0,017044 x_3^{ns}	98,82°
Março	y= 820,17	-0,152666 x_1^*	- 0,184160 x_2^*	+ 0,008987 x_3^{ns}	98,06°
Abril	y= 695,89	-0,221076 x_1^*	- 0,183832 x_2^*	+ 0,061843 x_3^{ns}	97,41°
Maio	y= 695,84	-0,201918 x_1^*	- 0,188426 x_2^*	+ 0,033762 x_3^{ns}	97,31°
Junho	y= 694,01	-0,122412 x_1^{**}	- 0,174696 x_2^*	- 0,030021 x_3^{ns}	94,33°
Julho	y= 577,11	-0,150878 x_1^{**}	- 0,183040 x_2^*	+ 0,029596 x_3^{ns}	94,14°
Agosto	y= 525,99	-0,162745 x_1^*	- 0,187332 x_2^*	+ 0,070104 x_3^{ns}	95,80°
Setembro	y= 555,24	-0,269123 x_1^*	- 0,170090 x_2^*	+ 0,121496 x_3^{**}	94,25°
Outubro	y= 767,09	-0,343706 x_1^*	- 0,182743 x_2^*	+ 0,100738 x_3^{ns}	94,19°
Novembro	y= 721,53	-0,350495 x_1^*	- 0,182836 x_2^*	+ 0,123572 x_3^{***}	94,67°
Dezembro	y= 738,22	-0,235309 x_1^*	- 0,181459 x_2^*	+ 0,075525 x_3^{**}	98,06°
ANO	y= 8009,33	-2,532195 x_1^*	- 2,176807 x_2^*	+ 0,776657 x_3^{***}	98,08°
TEMPERATURA-BASE 7,5°C					
Janeiro	y= 607,34	-0,114693 x_1^*	- 0,179307 x_2^*	+ 0,048933 x_3^{ns}	98,16°
Fevereiro	y= 607,58	-0,090822 x_1^*	- 0,168916 x_2^*	+ 0,016952 x_3^{ns}	98,82°
Março	y= 742,99	-0,152632 x_1^*	- 0,184129 x_2^*	+ 0,008842 x_3^{ns}	98,06°
Abril	y= 623,01	-0,220769 x_1^*	- 0,183664 x_2^*	+ 0,061238 x_3^{ns}	97,40°
Maio	y= 623,65	-0,200770 x_1^*	- 0,187479 x_2^*	+ 0,031042 x_3^{ns}	97,32°
Junho	y= 629,42	-0,122254 x_1^{**}	- 0,172500 x_2^*	- 0,034279 x_3^{ns}	94,48°
Julho	y= 509,87	-0,150578 x_1^*	- 0,180144 x_2^*	+ 0,025326 x_3^{ns}	94,32°
Agosto	y= 457,07	-0,163560 x_1^*	- 0,185229 x_2^*	+ 0,067074 x_3^{ns}	95,90°
Setembro	y= 483,18	-0,268806 x_1^*	- 0,169489 x_2^*	+ 0,120151 x_3^{**}	94,28°
Outubro	y= 644,46	-0,367076 x_1^*	- 0,185265 x_2^*	+ 0,130114 x_3^{***}	93,99°
Novembro	y= 646,76	-0,350364 x_1^*	- 0,182784 x_2^*	+ 0,123412 x_3^{***}	94,66°
Dezembro	y= 660,86	-0,235262 x_1^*	- 0,181438 x_2^*	+ 0,075445 x_3^{***}	98,05°
ANO	y= 7137,48	-2,527179 x_1^*	- 2,167490 x_2^*	+ 0,757785 x_3^{***}	98,09°
TEMPERATURA-BASE 10°C					
Janeiro	y= 530,95	-0,114570 x_1^*	- 0,179165 x_2^*	+ 0,048426 x_3^{ns}	98,16°
Fevereiro	y= 538,91	-0,090711 x_1^*	- 0,168767 x_2^*	+ 0,016365 x_3^{ns}	98,81°
Março	y= 667,32	-0,152352 x_1^*	- 0,183891 x_2^*	+ 0,007966 x_3^{ns}	98,06°
Abril	y= 551,69	-0,219176 x_1^*	- 0,182745 x_2^*	+ 0,058534 x_3^{ns}	97,40°
Maio	y= 583,87	-0,171848 x_1^*	- 0,181801 x_2^*	+ 0,001417 x_3^{ns}	96,94°
Junho	y= 570,35	-0,113405 x_1^{**}	- 0,164977 x_2^*	- 0,045328 x_3^{ns}	94,75°
Julho	y= 455,33	-0,138857 x_1^*	- 0,169234 x_2^*	+ 0,009954 x_3^{ns}	94,56°
Agosto	y= 402,85	-0,160079 x_1^*	- 0,178244 x_2^*	+ 0,055951 x_3^{ns}	95,79°
Setembro	y= 415,99	-0,267589 x_1^*	- 0,167300 x_2^*	+ 0,116396 x_3^{**}	94,36°
Outubro	y= 570,09	-0,365580 x_1^*	- 0,184424 x_2^*	+ 0,128083 x_3^{***}	93,96°
Novembro	y= 573,21	-0,349345 x_1^*	- 0,182361 x_2^*	+ 0,122299 x_3^{***}	94,64°
Dezembro	y= 584,41	-0,234826 x_1^*	- 0,181235 x_2^*	+ 0,074797 x_3^{**}	98,05°
ANO	y= 6327,78	-2,477551 x_1^*	- 2,132405 x_2^*	+ 0,690846 x_3^{ns}	98,10°

Tabela 3 – Equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas para a zona continental do Estado do Espírito Santo em função dos fatores geográficos altitude (x_2), latitude (x_1) e longitude (x_3) e os respectivos coeficientes de determinação (continuação)

Meses	Equações de regressão				R ² .100
TEMPERATURA-BASE 12,5°C					
Janeiro	y= 458,26	-0,113919 x_1^*	- 0,178355 x_2^*	+ 0,046165 x_3^{ns}	98,13°
Fevereiro	y= 474,18	-0,090158 x_1^*	- 0,167979 x_2^*	+ 0,013977 x_3^{ns}	98,79°
Março	y= 596,33	-0,150981 x_1^*	- 0,182699 x_2^*	+ 0,004650 x_3^{ns}	98,05°
Abril	y= 491,61	-0,207856 x_1^*	- 0,177947 x_2^*	+ 0,046626 x_3^{ns}	97,32°
Mai	y= 529,80	-0,156161 x_1^*	- 0,169362 x_2^*	- 0,016362 x_3^{ns}	97,27°
Junho	y= 522,41	-0,113667 x_1^{**}	- 0,146315 x_2^*	- 0,056279 x_3^{ns}	95,05°
Julho	y= 394,27	-0,128296 x_1^*	- 0,146745 x_2^*	- 0,001846 x_3^{ns}	94,98°
Agosto	y= 361,36	-0,152751 x_1^*	- 0,157900 x_2^*	+ 0,037436 x_3^{ns}	95,23°
Setembro	y= 361,84	-0,254246 x_1^*	- 0,158521 x_2^*	+ 0,101107 x_3^{***}	94,32°
Outubro	y= 506,49	-0,348506 x_1^*	- 0,178574 x_2^*	+ 0,113600 x_3^{***}	92,65°
Novembro	y= 504,62	-0,341942 x_1^*	- 0,179652 x_2^*	+ 0,115852 x_3^{***}	94,54°
Dezembro	y= 511,33	-0,232522 x_1^*	- 0,180077 x_2^*	+ 0,071829 x_3^{***}	98,02°
ANO	y= 5603,88	-2,361296 x_1^*	- 2,030975 x_2^*	+ 0,554661 x_3^{ns}	98,07°
TEMPERATURA-BASE 15°C					
Janeiro	y= 392,67	-0,112080 x_1^*	- 0,175513 x_2^*	+ 0,040457 x_3^{ns}	98,04°
Fevereiro	y= 416,41	-0,088648 x_1^*	- 0,165317 x_2^*	+ 0,008311 x_3^{ns}	98,75°
Março	y= 533,16	-0,144784 x_1^*	- 0,178350 x_2^*	- 0,004321 x_3^{ns}	98,02°
Abril	y= 440,63	-0,183758 x_1^*	- 0,164222 x_2^*	+ 0,024239 x_3^{ns}	97,18°
Mai	y= 477,64	-0,144492 x_1^*	- 0,142884 x_2^*	- 0,032511 x_3^{ns}	97,50°
Junho	y= 425,77	-0,102376 x_1^*	- 0,117257 x_2^*	- 0,052159 x_3^{ns}	95,61°
Julho	y= 300,82	-0,093024 x_1^*	- 0,114820 x_2^*	- 0,010682 x_3^{ns}	95,42°
Agosto	y= 278,32	-0,140701 x_1^*	- 0,128467 x_2^*	+ 0,034557 x_3^{ns}	94,82°
Setembro	y= 347,45	-0,224588 x_1^*	- 0,136415 x_2^*	+ 0,061886 x_3^{ns}	94,06°
Outubro	y= 446,80	-0,310253 x_1^*	- 0,162737 x_2^*	+ 0,086413 x_3^{ns}	92,52°
Novembro	y= 437,31	-0,312158 x_1^*	- 0,168994 x_2^*	+ 0,097090 x_3^{ns}	94,07°
Dezembro	y= 447,84	-0,215088 x_1^*	- 0,173327 x_2^*	+ 0,057065 x_3^{ns}	97,98°
ANO	y= 4851,69	-2,111795 x_1^*	- 1,833413 x_2^*	+ 0,366735 x_3^{ns}	97,92°
TEMPERATURA-BASE 17,5°C					
Janeiro	y= 364,92	-0,094687 x_1^*	- 0,162341 x_2^*	+ 0,011558 x_3^{ns}	97,59°
Fevereiro	y= 379,75	-0,077515 x_1^*	- 0,156019 x_2^*	- 0,010714 x_3^{ns}	98,50°
Março	y= 507,60	-0,116650 x_1^*	- 0,161874 x_2^*	- 0,039725 x_3^{ns}	97,77°
Abril	y= 374,95	-0,139815 x_1^*	- 0,136340 x_2^*	- 0,0021393 x_3^{ns}	96,52°
Mai	y= 371,21	-0,100358 x_1^*	- 0,104869 x_2^*	- 0,041279 x_3^{***}	97,67°
Junho	y= 320,46	-0,076546 x_1^*	- 0,078481 x_2^*	- 0,048271 x_3^{***}	95,17°
Julho	y= 209,60	-0,062132 x_1^*	- 0,078102 x_2^*	- 0,013355 x_3^{ns}	95,33°
Agosto	y= 208,28	-0,104044 x_1^*	- 0,093314 x_2^*	- 0,018192 x_3^{ns}	93,79°
Setembro	y= 293,74	-0,170765 x_1^*	- 0,106045 x_2^*	+ 0,028449 x_3^{ns}	93,89°
Outubro	y= 352,74	-0,238971 x_1^*	- 0,134314 x_2^*	+ 0,057064 x_3^{ns}	90,64°
Novembro	y= 375,14	-0,255642 x_1^*	- 0,144593 x_2^*	+ 0,062549 x_3^{ns}	92,62°
Dezembro	y= 405,46	-0,186298 x_1^*	- 0,154417 x_2^*	+ 0,027785 x_3^{ns}	97,29°
ANO	y= 4098,02	-1,630692 x_1^*	- 1,513542 x_2^*	+ 0,079327 x_3^{ns}	97,30°

Tabela 3 – Equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas para a zona continental do Estado do Espírito Santo em função dos fatores geográficos altitude (x_2), latitude (x_1) e longitude (x_3) e os respectivos coeficientes de determinação (conclusão)

Meses	Equações de regressão				R ² .100
TEMPERATURA-BASE 20°C					
Janeiro	y= 329,34	-0,072207 x_1^{**}	- 0,135940 x_2^*	- 0,016355 x_3^{ns}	96,41 [*]
Fevereiro	y= 354,00	-0,060928 x_1^{**}	- 0,134036 x_2^*	- 0,036793 x_3^{ns}	97,84 [*]
Março	y= 496,07	-0,072674 x_1^{**}	- 0,130843 x_2^*	- 0,088150 x_3^{**}	96,86 [*]
Abril	y= 301,21	-0,075332 x_1^{**}	- 0,096969 x_2^*	- 0,032736 x_3^{ns}	94,97 [*]
Maio	y= 260,74	-0,074521 x_1^*	- 0,067453 x_2^*	- 0,032927 x_3^{**}	97,63 [*]
Junho	y= 185,96	-0,054512 x_1^*	- 0,047408 x_2^*	- 0,023641 x_3^{***}	95,99 [*]
Julho	y= 112,28	-0,042417 x_1^*	- 0,049646 x_2^*	- 0,000992 x_3^{ns}	97,13 [*]
Agosto	y= 125,69	-0,072631 x_1^*	- 0,058166 x_2^*	+ 0,015253 x_3^{ns}	92,52 [*]
Setembro	y= 230,46	-0,105668 x_1^*	- 0,069908 x_2^*	- 0,002408 x_3^{ns}	92,15 [*]
Outubro	y= 256,06	-0,149531 x_1^*	- 0,099121 x_2^*	+ 0,023753 x_3^{ns}	86,85 [*]
Novembro	y= 305,82	-0,168988 x_1^*	- 0,105775 x_2^*	+ 0,017140 x_3^{ns}	86,74 [*]
Dezembro	y= 324,82	-0,118912 x_1^*	- 0,120598 x_2^*	- 0,005110 x_3^{ns}	94,57 [*]
ANO	y= 3239,49	-1,070159 x_1^*	- 1,117640 x_2^*	- 0,165403 x_3^{ns}	96,07 [*]

* Significativo ao nível de 1% ** Significativo ao nível de 5% *** Significativo ao nível de 10% ^{ns} Não significativo

Tabela 4 – Equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas para a zona litorânea do Estado do Espírito Santo em função dos fatores geográficos altitude (x_1), latitude (x_2) e distância da costa (x_4) e os respectivos coeficientes de determinação (continua)

Meses	Equações de regressão				R ² .100
TEMPERATURA-BASE 5°C					
Janeiro	y= 702,68	-0,053365 x_1^{ns}	- 0,190179 x_2^{***}	+ 0,346500 x_4^{ns}	45,17 ^{ns}
Fevereiro	y= 662,56	-0,065363 x_1^{ns}	- 0,211931 x_2^{***}	+ 0,394409 x_4^{ns}	52,01 ^{***}
Março	y= 743,16	-0,087870 x_1^{**}	- 0,244163 x_2^{**}	+ 0,113517 x_4^{ns}	69,27 ^{**}
Abril	y= 753,87	-0,145467 x_1^*	- 0,210929 x_2^{**}	- 0,292510 x_4^{ns}	82,19 [*]
Maio	y= 754,69	-0,169747 x_1^*	- 0,185942 x_2^{ns}	- 0,450025 x_4^{ns}	78,20 [*]
Junho	y= 701,28	-0,169473 x_1^*	- 0,108565 x_2^{ns}	- 0,566652 x_4^{ns}	71,09 [*]
Julho	y= 706,11	-0,178246 x_1^*	- 0,123889 x_2^{ns}	- 0,480105 x_4^{ns}	74,33 [*]
Agosto	y= 673,91	-0,142515 x_1^{**}	- 0,104634 x_2^{ns}	- 0,355195 x_4^{ns}	65,23 ^{**}
Setembro	y= 724,51	-0,177494 x_1^*	- 0,123922 x_2^{ns}	- 0,134022 x_4^{ns}	80,44 [*]
Outubro	y= 821,91	-0,219898 x_1^*	- 0,222884 x_2^{**}	+ 0,226206 x_4^{ns}	90,10 [*]
Novembro	y= 764,94	-0,166812 x_1^*	- 0,208927 x_2^{**}	+ 0,177260 x_4^{ns}	84,85 [*]
Dezembro	y= 751,91	-0,115744 x_1^*	- 0,211540 x_2^{**}	+ 0,186725 x_4^{ns}	79,86 [*]
ANO	y= 8762,57	-1,692000 x_1^*	- 2,147509 x_2^{***}	- 0,833893 x_4^{ns}	77,16 [*]
TEMPERATURA-BASE 7,5°C					
Janeiro	y= 625,18	-0,053365 x_1^{ns}	- 0,190179 x_2^{***}	+ 0,346502 x_4^{ns}	45,17 ^{ns}
Fevereiro	y= 592,56	-0,065336 x_1^{ns}	- 0,211931 x_2^{***}	+ 0,394411 x_4^{ns}	52,01 ^{***}
Março	y= 665,66	-0,087870 x_1^{**}	- 0,244163 x_2^{**}	+ 0,113520 x_4^{ns}	69,27 ^{**}
Abril	y= 679,87	-0,145467 x_1^*	- 0,210928 x_2^{**}	- 0,292489 x_4^{ns}	82,19 [*]

Tabela 4 – Equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas para a zona litorânea do Estado do Espírito Santo em função dos fatores geográficos altitude (x_1), latitude (x_2) e distância da costa (x_4) e os respectivos coeficientes de determinação (continuação)

Meses		Equações de regressão			R ² .100
Maio	y= 677,18	-0,169740 x_1^*	- 0,185944 x_2^{ns}	- 0,449823 x_4^{ns}	78,21 [†]
Junho	y= 626,23	-0,169432 x_1^*	- 0,108631 x_2^{ns}	- 0,565739 x_4^{ns}	71,11 [†]
Julho	y= 628,48	-0,178134 x_1^*	- 0,123995 x_2^{ns}	- 0,478337 x_4^{ns}	74,35 [†]
Agosto	y= 596,37	-0,142478 x_1^{**}	- 0,104720 x_2^{ns}	- 0,353769 x_4^{ns}	65,23 ^{**}
Setembro	y= 649,50	-0,177487 x_1^*	- 0,123918 x_2^{ns}	- 0,133711 x_4^{ns}	80,44 [†]
Outubro	y= 744,41	-0,219896 x_1^*	- 0,222870 x_2^{**}	+ 0,226245 x_4^{ns}	90,10 [†]
Novembro	y= 689,94	-0,166811 x_1^*	- 0,208921 x_2^{**}	+ 0,177267 x_4^{ns}	84,85 [†]
Dezembro	y= 674,41	-0,115744 x_1^*	- 0,211539 x_2^{**}	+ 0,186728 x_4^{ns}	79,86 [†]
ANO	y= 7849,83	-1,691791 x_1^*	- 2,147743 x_2^{***}	- 0,829195 x_4^{ns}	77,17 [†]
TEMPERATURA-BASE 10°C					
Janeiro	y= 547,67	-0,053365 x_1^{ns}	- 0,190175 x_2^{***}	+ 0,346536 x_4^{ns}	45,17 ^{ns}
Fevereiro	y= 522,56	-0,065363 x_1^{ns}	- 0,211928 x_2^{***}	+ 0,394442 x_4^{ns}	52,01 ^{***}
Março	y= 588,16	-0,087870 x_1^{**}	- 0,244158 x_2^{**}	+ 0,113575 x_4^{ns}	69,27 ^{**}
Abril	y= 604,86	-0,145457 x_1^*	- 0,210912 x_2^{**}	- 0,292215 x_4^{ns}	82,20 [†]
Maio	y= 599,58	-0,169651 x_1^*	- 0,185939 x_2^{ns}	- 0,448002 x_4^{ns}	78,23 [†]
Junho	y= 550,84	-0,169077 x_1^*	- 0,109010 x_2^{ns}	- 0,559897 x_4^{ns}	71,17 [†]
Julho	y= 550,15	-0,177380 x_1^*	- 0,124541 x_2^{ns}	- 0,468429 x_4^{ns}	74,44 [†]
Agosto	y= 518,52	-0,142150 x_1^{**}	- 0,105126 x_2^{ns}	- 0,345697 x_4^{ns}	65,22 ^{**}
Setembro	y= 574,39	-0,177389 x_1^*	- 0,123830 x_2^{ns}	- 0,131220 x_4^{ns}	80,43 [†]
Outubro	y= 666,87	-0,219866 x_1^*	- 0,222696 x_2^{**}	+ 0,226696 x_4^{ns}	90,10 [†]
Novembro	y= 614,92	-0,166801 x_1^*	- 0,208832 x_2^{**}	+ 0,177388 x_4^{ns}	84,85 [†]
Dezembro	y= 596,91	-0,115742 x_1^*	- 0,211519 x_2^{**}	+ 0,186783 x_4^{ns}	79,86 [†]
ANO	y= 6935,49	-1,690115 x_1^*	- 2,148669 x_2^{***}	- 0,800040 x_4^{ns}	77,18 [†]
TEMPERATURA-BASE 12,5°C					
Janeiro	y= 470,17	-0,053358 x_1^{ns}	- 0,190118 x_2^{***}	+ 0,346912 x_4^{ns}	45,17 ^{ns}
Fevereiro	y= 452,56	-0,065358 x_1^{ns}	- 0,211884 x_2^{***}	+ 0,394768 x_4^{ns}	52,01 ^{***}
Março	y= 510,65	-0,087860 x_1^{**}	- 0,244088 x_2^{**}	+ 0,114168 x_4^{ns}	69,27 ^{**}
Abril	y= 529,72	-0,145334 x_1^*	- 0,210736 x_2^{**}	- 0,289904 x_4^{ns}	82,23 [†]
Maio	y= 521,34	-0,168964 x_1^*	- 0,185857 x_2^{ns}	- 0,437671 x_4^{ns}	78,37 [†]
Junho	y= 473,88	-0,167220 x_1^*	- 0,110518 x_2^{ns}	- 0,536054 x_4^{ns}	71,40 [†]
Julho	y= 469,33	-0,174252 x_1^*	- 0,126516 x_2^{ns}	- 0,433632 x_4^{ns}	74,65 [†]
Agosto	y= 439,39	-0,140506 x_1^{**}	- 0,106549 x_2^{ns}	- 0,316423 x_4^{ns}	65,15 ^{**}
Setembro	y= 498,61	-0,176641 x_1^*	- 0,123362 x_2^{ns}	- 0,118682 x_4^{ns}	80,39 [†]
Outubro	y= 588,97	-0,219514 x_1^*	- 0,221537 x_2^{**}	+ 0,229933 x_4^{ns}	90,06 [†]
Novembro	y= 539,76	-0,166657 x_1^*	- 0,208116 x_2^{**}	+ 0,178606 x_4^{ns}	84,84 [†]
Dezembro	y= 519,37	-0,115707 x_1^*	- 0,211306 x_2^{**}	+ 0,187406 x_4^{ns}	79,85 [†]
ANO	y= 6013,81	-1,681376 x_1^*	- 2,150591 x_2^{***}	- 0,680572 x_4^{ns}	77,22 [†]
TEMPERATURA-BASE 15°C					
Janeiro	y= 392,60	-0,053275 x_1^{ns}	- 0,189669 x_2^{***}	+ 0,349528 x_4^{ns}	45,05 ^{ns}
Fevereiro	y= 382,51	-0,065229 x_1^{ns}	- 0,211538 x_2^{***}	+ 0,397005 x_4^{ns}	51,98 ^{***}

Tabela 4 – Equações de regressão para estimar as somas de temperaturas efetivas para a zona litorânea do Estado do Espírito Santo em função dos fatores geográficos altitude (x_1), latitude (x_2) e distância da costa (x_4) e os respectivos coeficientes de determinação (conclusão)

Meses	Equações de regressão			R ² .100	
Março	y= 433,04	-0,087737 x_1^{**}	- 0,243534 x_2^{**}	+ 0,118198 x_4^{ns}	69,25 ^{**}
Abril	y= 453,80	-0,144449 x_1^*	- 0,209822 x_2^{**}	- 0,278107 x_4^{ns}	82,40 [*]
Mai	y= 440,42	-0,165682 x_1^*	- 0,181154 x_2^{ns}	- 0,401830 x_4^{ns}	79,06 [*]
Junho	y= 389,10	-0,158007 x_1^*	- 0,088095 x_2^{ns}	- 0,493507 x_4^{ns}	73,81 [*]
Julho	y= 372,48	-0,156203 x_1^*	- 0,106883 x_2^{ns}	- 0,358480 x_4^{ns}	76,09 [*]
Agosto	y= 353,56	-0,132128 x_1^{**}	- 0,084284 x_2^{ns}	- 0,273565 x_4^{ns}	66,63 ^{**}
Setembro	y= 420,43	-0,173437 x_1^*	- 0,109943 x_2^{ns}	- 0,086155 x_4^{ns}	80,22 [*]
Outubro	y= 509,27	-0,217504 x_1^*	- 0,206994 x_2^{**}	+ 0,236556 x_4^{ns}	89,70 [*]
Novembro	y= 463,48	-0,165492 x_1^*	- 0,205079 x_2^{**}	+ 0,185577 x_4^{ns}	84,79 [*]
Dezembro	y= 441,47	-0,115327 x_1^*	- 0,210033 x_2^{**}	+ 0,191599 x_4^{ns}	79,79 [*]
ANO	y= 5052,22	-1,634539 x_1^*	- 2,047031 x_2^{***}	- 0,413180 x_4^{ns}	77,61 [*]
TEMPERATURA-BASE 17,5°C					
Janeiro	y= 314,77	-0,052736 x_1^{ns}	- 0,187811 x_2^{***}	+ 0,359948 x_4^{ns}	44,64 ^{ns}
Fevereiro	y= 312,30	-0,064875 x_1^{ns}	- 0,210051 x_2^{***}	+ 0,406010 x_4^{ns}	51,92 ^{***}
Março	y= 355,00	-0,086981 x_1^{**}	- 0,241205 x_2^{**}	+ 0,134075 x_4^{ns}	69,21 ^{**}
Abril	y= 375,02	-0,140744 x_1^*	- 0,187882 x_2^{**}	- 0,248432 x_4^{ns}	82,88 [*]
Mai	y= 345,10	-0,148125 x_1^*	- 0,140292 x_2^{ns}	- 0,372271 x_4^{ns}	79,75 [*]
Junho	y= 287,90	-0,131055 x_1^*	- 0,051538 x_2^{ns}	- 0,375205 x_4^{ns}	76,90 [*]
Julho	y= 257,50	-0,116219 x_1^*	- 0,088264 x_2^{ns}	- 0,190592 x_4^{ns}	74,02 [*]
Agosto	y= 241,14	-0,096043 x_1^{**}	- 0,050481 x_2^{ns}	- 0,210762 x_4^{ns}	64,49 ^{**}
Setembro	y= 318,70	-0,147540 x_1^*	- 0,065556 x_2^{ns}	- 0,076719 x_4^{ns}	79,37 [*]
Outubro	y= 411,91	-0,199113 x_1^*	- 0,154470 x_2^{**}	+ 0,222248 x_4^{ns}	90,00 [*]
Novembro	y= 382,51	-0,159816 x_1^*	- 0,175511 x_2^{**}	+ 0,192365 x_4^{ns}	84,77 [*]
Dezembro	y= 362,02	-0,113247 x_1^*	- 0,206211 x_2^{**}	+ 0,206892 x_4^{ns}	79,54 [*]
ANO	y= 3963,92	-1,456498 x_1^*	- 1,759332 x_2^{***}	+ 0,047558 x_4^{ns}	77,22 [*]
TEMPERATURA-BASE 20°C					
Janeiro	y= 236,42	-0,050725 x_1^{ns}	- 0,166032 x_2^{ns}	+ 0,377424 x_4^{ns}	41,84 ^{ns}
Fevereiro	y= 241,31	-0,062752 x_1^{ns}	- 0,195521 x_2^{***}	+ 0,415516 x_4^{ns}	51,38 ^{***}
Março	y= 272,73	-0,081504 x_1^{**}	- 0,202918 x_2^{**}	+ 0,146169 x_4^{ns}	68,81 ^{**}
Abril	y= 269,90	-0,111382 x_1^*	- 0,134054 x_2^{***}	- 0,227820 x_4^{ns}	82,87 [*]
Mai	y= 232,25	-0,108242 x_1^*	- 0,106174 x_2^{ns}	- 0,193515 x_4^{ns}	76,47 [*]
Junho	y= 180,90	-0,090258 x_1^*	- 0,026484 x_2^{ns}	- 0,127764 x_4^{ns}	71,32 [*]
Julho	y= 157,71	-0,077681 x_1^*	- 0,045476 x_2^{ns}	- 0,047569 x_4^{ns}	64,68 ^{**}
Agosto	y= 137,51	-0,056947 x_1^{**}	- 0,024343 x_2^{ns}	- 0,091237 x_4^{ns}	49,06 ^{***}
Setembro	y= 203,27	-0,101354 x_1^*	- 0,026147 x_2^{ns}	- 0,034666 x_4^{ns}	69,74 [*]
Outubro	y= 273,31	-0,140161 x_1^*	- 0,092085 x_2^{ns}	+ 0,205200 x_4^{ns}	84,45 [*]
Novembro	y= 276,13	-0,128982 x_1^*	- 0,113957 x_2^{***}	+ 0,155042 x_4^{ns}	82,60 [*]
Dezembro	y= 263,74	-0,092821 x_1^*	- 0,156335 x_2^{**}	+ 0,138562 x_4^{ns}	79,15 [*]
ANO	y= 2745,24	-1,102814 x_1^*	- 1,289531 x_2^{***}	- 0,715341 x_4^{ns}	77,71 [*]

* Significativo ao nível de 1% ** Significativo ao nível de 5% *** Significativo ao nível de 10% ^{ns} Não significativo

DISCUSSÃO

Na Tabela 2, pode ser observado que o método de Lindsey e Newman ($\sum t_{LN}$), que também utiliza dados diários, apresentou, em relação ao método direto, diferenças que quantificam os efeitos da magnitude e variabilidade da amplitude térmica diária não considerados no método direto. Quando se acresceu o efeito da correção pelas temperaturas extremas no método direto, os resultados tornaram-se muito próximos aos do método de Lindsey e Newman ($\sum t_{LN} - \sum t_D = N. 0,1965 \cdot e^{0,3818T}$).

Comparando-se os valores dos graus-dia mensais na Tabela 2, observa-se que o método de Thom ($\sum t_T$), que utiliza dados normais mensais de temperatura média, apresentou resultados próximos aos do cálculo direto ($\sum t_D$), que utiliza dados diários. Os resultados em graus-dia sobre 5,0°C, 7,5°C, 10,0°C, 12,5°C, 15,0°C, 17,5°C e 20,0°C são, em sua maioria, coincidentes nos dois métodos, e a máxima diferença observada nos meses testados foi de 15 graus-dia no mês de julho para a Estação Experimental de Mendes da Fonseca, quando a temperatura-base esteve mais próxima da temperatura média.

O método de Damário e Pascale ($\sum t_{TCLN}$), que utiliza dados normais mensais, consiste no método de Thom acrescido da correção dos efeitos das temperaturas médias extremas. Analisando-se a Tabela 2, observa-se que o método de Damario e Pascale apresenta resultados semelhantes ao método de Lindsay e Newman. A diferença entre valores calculados (Damario e Pascale) e observados (Lindsay e Newman) atingiu, no máximo, 7 graus-dia, diferença desprezível para estudos agroclimáticos.

Partindo-se da pressuposição de que a correção aplicada ao método de Thom estaria ajustando os cálculos e levando-se em conta que as diferenças mensais entre os vários métodos utilizados não são muito discrepantes, considerou-se que o método de Damario e Pascale poderia ser utilizado sem restrições nas estimativas de graus-dia no Estado do Espírito Santo.

A Tabela 3 apresenta os modelos ajustados para a região continental e os respectivos coeficientes de determinação. O modelo que encerra os parâmetros altitude, latitude e longitude apresentou-se bem ajustado. Em decorrência de o parâmetro longitude apresentar-se significativo em alguns meses do ano, procurou-se mantê-lo no modelo de estimativa para todos os meses do ano.

São apresentados, na Tabela 4, as equações de regressão ajustadas para a região litorânea e os respectivos coeficientes de determinação. Em decorrência de o parâmetro distância da costa ter uma influência marcante na estimativa de temperatura na região costeira do Estado do Espírito Santo (FEITOZA et al., 1979; FEITOZA et al., 1980a, 1980b) e de também não estar prejudicando o modelo, optou-se pela sua permanência.

Os coeficientes de determinação, na estimativa de graus-dia para a região continental, foram superiores a 94% e significativos em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t de Student. Na região costeira, apesar de os coeficientes de determinação se apresentarem com valores menores e significância a níveis mais baixos, as diferenças entre os dados de soma térmica calculados por fórmula e os estimados pela equação de regressão se apresentaram inferiores a 11 graus-dia mensais.

CONCLUSÕES

Para as condições do Estado do Espírito Santo, pode-se concluir que:

- a) o método de Damario e Pascale mostrou-se aceitável para uso em cálculos de soma térmica para estudos agroclimáticos;

- b) as equações estimativas de soma térmica, com base na latitude, altitude e longitude, mostram-se bem ajustadas para a região continental e as que consideram os parâmetros latitude, altitude e distância da costa propiciam estimativas aceitáveis para a região costeira.

APOIO FINANCEIRO: O trabalho foi subvencionado pela Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (Emcapa), hoje Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

REFERÊNCIAS

BARDIN, L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MORAES, J. F. L. de. Estimativas das temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das Frutas, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 618-624, 2010a.

BARDIN, L. et al. Estimativas de épocas de colheita de videira “Niágara Rosada” na região do polo turístico do circuito das frutas, São Paulo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 135-139, 2010b.

BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V. Estimativas das temperaturas efetivas do Estado do Rio Grande do Sul em função dos fatores geográficos. **Rev. Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 6, n. 3, p. 365-273, 1976.

DAMARIO, E. A.; PASCALE, A. J. Estimación de suma de temperaturas efetivas normales para estúdios agroclimáticos. **Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires**, Buenos Aires, v. 19, n. 30, p.109-124, 1971.

DAMARIO, E. A.; PASCALE, A. J. **Factores “h” y “ℓ” para usar em el computo de sumas de temperaturas efectivas según la formula de Thom considerando la desviación típica de temperatura média mensual.** Buenos Aires, [197-?]. 5 p. Mimeografado.

DAMARIO, E. A.; PASCALE, A. J.; BURIOL, G. A. Disponibilidade de calor para os cultivos no Estado do Rio Grande do Sul. **Rev. Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 129-163, 1976.

DE FINA, A. L.; RAVELO, A. C. **Climatologia y fenologia agrícolas.** 2. ed. Buenos Aires: Eudeba, 1975. 281 p.

FEITOZA, L. R. et al. Estimativas das temperaturas médias mensais e anual do Estado do Espírito Santo. **Rev. Centro de Ciências Rurais**, v. 9, n. 3, p. 279-291, 1979.

FEITOZA, L. R. et al. Estimativas das temperaturas médias das mínimas mensais e anual do Estado do Espírito Santo. **Rev. Centro de Ciências Rurais**, v.10, n. 1, p. 15-24, 1980a.

FEITOZA, L. R. et al. Estimativas das temperaturas médias das máximas mensais e anual do Estado do Espírito Santo. **Rev. Centro de Ciências Rurais**, v.10, n. 1, p. 25-32, 1980b.

LINDSEY, A. A.; NEWMAN, J. E. Use of official weather data in spring time temperature analysis of an Indiana phenological record. **Ecology**, v. 37, n. 4, p. 812-813, 1956.

MORAES, S. R. P. de; OLIVEIRA, A. L. R. de; SCHÜTZ, E dos S. Determinação dos coeficientes estatísticos das equações de regressão para estimativa dos valores normais médios, mensais e anual, das

temperaturas máximas, mínimas e médias, nos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-11, 2010.

OLIVEIRA, M. O. de; MOTA, F. S. da; SILVA, J. B. da. Estimativa de graus-dia em função de fatores geográficos no Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 33, n.7, p. 969-984, 1981.

PASCALE, A. J.; DAMARIO, E. A. **Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 2004. 550 p.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; BRUNINI, R. A.; ANGELOCCI, L. R. Estimativa de graus-dia em função de altitude e latitude para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 5, p. 89-92, 1977.

SAS INSTITUTE, Rabigh – North Caroline. Stepwise procedure. In: SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**. North Caroline, 1979. p. 391-396.

SOUZA, F. E. F. de et al. Relação entre acúmulo de graus-dia e de unidades fototérmicas e crescimento vegetativo do maracujazeiro roxo (*Passiflora edulis sims*). **UNICIÊNCIAS**, Cuiabá, v. 14, n. 1, p. 39-51, 2010

TECCHIO, M. A. et al. Fenologia e acúmulo de graus-dia da videira “niagara rosada” cultivada ao Noroeste do Estado de São Paulo. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. p. 248-254, 2011.

THOM, H. C. S. The relational relationship between heating degree-day and temperature. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 82, n. 1, p. 1-6, 1954.

VILLA NOVA, N. A. et al. **Estimativas de graus-dias acumulados acima de qualquer temperatura-base, em função das temperaturas máximas e mínimas**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1972. (Caderno de Ciências da Terra, Instituto de Geografia, nº 30). 8 p.

VOLPE, C. A.; SHÖFFEL, E. R.; BARBOSA, J. C. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas – “valência” e “natal” – na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 436-441, 2002.

Recebido em junho de 2012

Aceito em outubro de 2012

Correspondência para/ Reprint request to:

Leandro Roberto Feitoza

Incaper

R. Afonso Sarlo, 160 – Bento Ferreira

Vitória – ES – Brasil

CEP 29052-010

e-mail: leandro@feitoza.com