

PARÂMETROS PARA MODELAGEM DO CRESCIMENTO DO FRUTO DO CACAUEIRO¹

LUIZ CARLOS EDUARDO MILDE² e RICARDO BOHRER SGRILLO³

RESUMO - O cacau é um item importante na pauta das exportações brasileiras. Em virtude disso, há necessidade de se dispor de instrumentos que permitam efetuar a previsão de safras. Com esse objetivo, determinaram-se a temperatura-base e as constantes-térmicas em cada uma das fases de desenvolvimento do fruto do cacaueiro, após terem sido estimadas as durações médias das diferentes fases. Chuva, radiação solar, evaporação de piche, evaporação de tanque classe A, nebulosidade, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média e horas de insolação foram determinadas como fatores meteorológicos que apresentaram correlação significativa com os diferentes comprimentos das fases de desenvolvimento do fruto.

Termos para indexação: constante-térmica, temperatura-base, fases fenológicas, insolação.

PARAMETERS FOR MODELLING COCOA FRUIT GROWTH

ABSTRACT - Cocoa is important for Brazilian exports and demands tools to help make crop forecasts. Threshold-temperature and thermal constants were calculated for each stage of fruit development after estimating the mean length of the different stages. The main meteorological factors found to have significant relationship with the different length of the stages of the fruit were rain, solar radiation, pitch evaporation, class A pan evaporation, cloudiness, maximum and minimum temperatures, average temperature and hours of sunshine.

Index terms: thermal constants, threshold temperature, phenological stages, insolation.

INTRODUÇÃO

É de vital importância a previsão das produções agrícolas, quaisquer que sejam, para que se possa estimar o quanto será necessário importar ou o excedente a exportar. Essa previsão tem grande importância econômica quando se trata da safra do cacau, responsável pela receita de aproximadamente 500 milhões de dólares anuais.

Sendo assim, a CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira), responsável pela cultura do cacau no país, necessita de uma metodologia que se mantenha em permanente aperfeiçoamento, com a finalidade de melhorar as estimativas da produção. Para tanto, o conhecimento de parâmetros que ajudam a modelar o crescimento do fruto do cacaueiro, como constante-térmica, temperatura-base, comprimento das fases do fruto, é extremamente útil.

Há muito especulava-se sobre a importância dos elementos climáticos no desenvolvimento vegetal. O primeiro artigo sobre o assunto foi publicado em 1735, estudando o somatório das temperaturas, conhecido como constante-térmica de fenologia de Reamur. Todavia, este trabalhou apenas com a soma de temperaturas positivas, isto é, acima de zero grau centígrado.

Fritsch (1961) reformulou a posição inicial de Réamur, utilizando temperaturas médias diárias e quantidade média diária de horas de insolação durante determinado período.

Livingston & Livingston (1913), citando Bigelow (1908), propôs o cálculo do somatório de índices de eficiência térmica diária, estabelecendo que a eficiência com que um organismo realiza reações metabólicas dobra a cada aumento de 18°F acima de uma temperatura-base preestabelecida.

Lindsey & Newman (1956), num estudo de dados de floração de plantas nativas, formularam um método simples, baseado na acumulação de

¹ Aceito para publicação em 22 de dezembro de 1992

² Meteorol., M.Sc.

³ Entomol., Dr., CEPEC/Caixa Postal 7 - CEP 45600 Itabuna, Bahia.

calor, convertendo em graus-hora a temperatura diurna.

Segundo Arnold (1959), os sistemas lineares de cálculo de unidades térmicas (graus-dia) são válidos como instrumento de trabalho, mas adverte que consideráveis erros podem ser acumulados. A própria variação da constante-térmica numa determinada variedade de planta é uma das fontes de erro, das quais a escolha da temperatura-base inadequada é a principal.

O método que emprega o coeficiente de regressão entre as temperaturas, como variável independente, e a soma dos graus-dia acumulados, como variável dependente, fornece critérios seguros de escolha. Quando o coeficiente de regressão for positivo, significa que a temperatura-base escolhida foi muito alta. Quando for negativo, terá sido muito baixa. Quando igual a zero, tem-se a temperatura-base correta.

A temperatura-base apropriada é definida como aquela que, quando usada em um sistema linear de cálculo de unidades-térmicas, dará a menor variação nos somatórios acima dos intervalos de temperatura, que são normalmente encontrados em determinada fase de desenvolvimento. Isto porque na realidade o crescimento de uma planta é ascendente, até uma temperatura ótima, e descendente, quando ultrapassada.

Wang (1960) sugere o cálculo de unidades fototérmicas como boa opção.

Já que a constante-térmica é uma função direta da temperatura, Ernehholm (1965), citado por Burgos et al. (1965), estabeleceu a temperatura-base para o cacauzeiro, ou seja, a temperatura em que a planta paralisa seu desenvolvimento em 10 graus centígrados.

Tendo em vista as informações anteriores, o estudo de graus-dia com o cacauzeiro deverá ser feito de modo que as temperaturas-base usadas variem de acordo com a idade das plantas.

A altura da tomada dos dados de temperatura deve variar periodicamente, para acompanhar o crescimento das plantas. Essa periodicidade a idade em que são desnecessárias as medições são questões a serem melhor estudadas.

Cross & Zuber (1972), citando Gilmore & Rogers (1959), reafirmam que o método que fornecer

o menor coeficiente de variação é o melhor para o cálculo de unidades-térmicas.

Villa Nova et al. (1972) afirma que o número de graus-dia pode ser considerado como a área delimitada entre a curva do termógrafo e a temperatura-base inferior e superior.

Tyldesley (1978) pondera que, se for considerada como temperatura-base aquela em que o desenvolvimento da planta seja o mínimo possível, então, essa temperatura será, usualmente, alta. O conceito usual pressupõe que a resposta a qualquer temperatura pode ser expressa em termos de contribuição do primeiro gradiente. Ocorre que, considerando que o acúmulo de graus-dia não é linear, deve-se acrescentar uma série de termos de correção, para se obter as variações dos gradientes nos segmentos sucessivos. Isso demonstra que, numa curva de resposta de um organismo, há uma série de segmentos lineares sucessivos e diferentes temperaturas-base para cada um destes, correspondendo cada uma delas a um ponto de inflexão das curvas de resposta.

White (1979) utilizou o conceito não-linear de dias térmicos ao estudar as inter-relações entre parâmetros meteorológicos e índices de floração em 53 espécies de plantas. Porém, o método usual de acúmulo de graus-dia mostrou-se menos preciso que este em apenas 0,3 dias de desvio-padrão. Como outros autores, White afirma que a melhor temperatura-base é aquela que proporciona o menor desvio-padrão.

Ometo (1981) reforçou a opinião de que, depois de realizado o cálculo das constantes-térmicas por um ou dois anos, obtém-se precisão suficiente para que, acompanhando a marcha dos valores dos graus-dia, se possa, prever a data da maturação (colheita) de qualquer cultura.

Alvim (1962), citado por Santos (1982), atribui à temperatura influência em todos os processos de desenvolvimento de uma planta (Fig. 1).

Contaigne (1982) deduziu que a taxa de crescimento das plantas dependia sobretudo de certa temperatura máxima que pode ser determinada pelo brilho solar, vento e umidade do solo. Essa taxa de crescimento diminui quando a temperatura aproxima-se do ponto de congelamento da água.

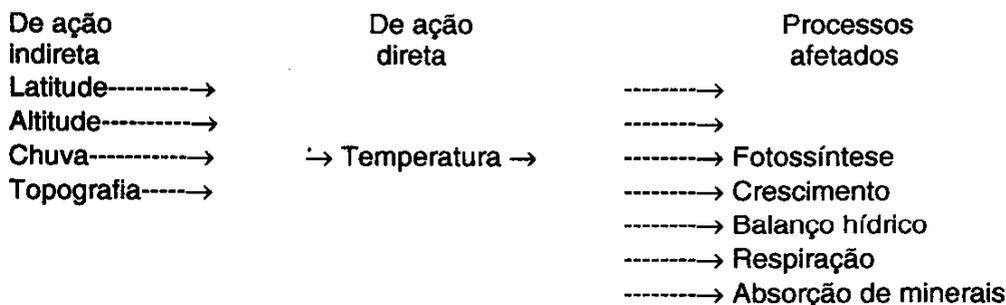


FIG. 1. Influência da temperatura nos processos de desenvolvimento de uma planta.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas da cultivar Catongo foram objeto de medições de diâmetro e comprimento dos frutos no decorrer de seu desenvolvimento, na área da sede regional da CEPLAC, em Itabuna, Bahia.

Em 10 plantas foram polinizadas as flores necessárias para a fixação de 10 frutos por árvore, em 3 épocas do ano. Esses frutos foram numerados em ordem crescente.

A cada 7 dias, durante o ano de 1985, foram tomadas o comprimento e o diâmetro dos frutos e anotada a data da tomada dos dados. No ano de 1986, essas medições passaram a ser feitas de 15 em 15 dias, porque se fazia também retirada de frutos para determinação do volume e peso seco.

O procedimento experimental para a determinação da constante-térmica é, usualmente, o emprego das temperaturas máximas e mínimas, medidas nos postos agrometeorológicos que cubram a área do experimento. Gerald (1967) afirma que os dados de microclima podem ser diferentes dos obtidos nas estações meteorológicas e, portanto, atenção deve ser dada a esse fato, quando da análise de variáveis que tenham efeito microclimático.

O acompanhamento da marcha horária da temperatura foi feita utilizando-se termôgráfos que registraram a temperatura acima do dossel do cacauzeiro, no meio da planta e abaixo da copa. Esse procedimento é necessário porque no ecossistema cacau as árvores de sombreamento podem exercer influência marcante no microclima local, com conseqüências na relação de dependência entre a temperatura do ar e a variação do tempo dos ciclos da cultura.

Todos os dias foram registradas as temperaturas horárias durante 24 horas, a contar de 0 hora, para calcular as equações de regressão entre as temperaturas dos três diferentes níveis e as temperaturas do posto meteorológico, e processar as suas correlações.

Para cálculo dos graus-dia foi utilizado o método de Villa Nova et al. (1972) a seguir descrito.

Se TBS = temperatura-base superior, TBI = temperatura-base inferior, TBMAX = temperatura máxima, TMIN = temperatura mínima e GD = graus-dia, temos as seguintes possibilidades de cálculo:

$$A. TBS \geq TMAX > TMIN > TBI$$

$$GD = \text{Somatório} \{ (TMAX - TMIN)/2 + (TMIN - TBI) \} \quad (1)$$

$$B. TBS \geq TMAX > TBI \geq TBMIN$$

$$GB = \text{Somatório} \left(\frac{TMIN - TBI}{TMAX - TMIN} \cdot \frac{TMIN - TBI}{2} \right) \quad (2)$$

Para se determinar o comprimento médio das diferentes fases do fruto, a partir da flor e a partir do fruto maduro, além das fases individualmente, estimou-se primeiramente a temperatura-base e a constante-térmica do ciclo completo do fruto.

A constante-térmica foi calculada dando-se três valores aleatórios a T_b , estimando-se a média e a variância de CT (constante-térmica), para cada valor de TB (utilizando-se os pares T média e D (duração do desenvolvimento)). Como a variância é uma função quadrática da média, estimam-se os parâmetros dessa função, para encontrar a derivada da variância com relação à média. Para encontrar-se o ponto de mínimo dessa função, que representa a melhor estimativa de CT e T_b , a derivada é igulada a zero, e a equação, solucionada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de se estimar o volume e o peso seco de frutos a partir de medidas do comprimento e do diâmetro, foram realizadas amostragens de campo, na cultivar Catongo, em três dife-

rentes épocas do ano, durante 1985 e 1986. O resultado da análise estatística é apresentado na Tabela 1.

Para o cálculo do volume foi utilizada a equação 3, que descreve um elipsóide de revolução:

$$\text{Vol.} = (3,14159 * ((\text{diam } 1 + \text{diam } 2)**2) * \text{comp})/600 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,9933** \text{ (significativo a } 0,0001).$$

onde:

Vol = volume (cm³), diam 1 = diâmetro 1 (cm), diam 2 = diâmetro 2 (cm) e comp = comprimento (cm).

Quando o fruto cresce até certo comprimento, esta fórmula sobreestima o volume. Por esse motivo foi feita uma correção, usando a regressão entre o volume medido e o calculado pela equação. A expressão resultante é representada pela equação 2.

$$\text{Volc} = 10,30467004 + 1,06079511 * \text{Vol} \quad (4)$$

onde Volc = volume estimado corrigido.

Com uma análise dos valores dos erros de estimativa, gerados pelas duas fórmulas, desenvolveu-se a seguinte regra:

'SE' o diâmetro médio for menor ou igual a

TABELA 1. Coeficientes de correlação de PEARSON/Probabilidade de refutar a hipótese nula (amostra com 93 elementos) das correlações entre volume calculado de duas maneiras e peso seco, entre diâmetro médio e volume, e diâmetro médio e peso seco.

	Volume	Peso seco
Volume		0,94451 0,0001
Peso seco	0,94451 0,0001	
Diâmetro médio	0,96197 0,0001	0,89577 0,0001
Volume	0,9964 0,0001	0,94699 0,0001
Volume corrigido	0,99664 0,0001	0,94699 0,0001

65,47 mm ou o comprimento for menor ou igual a 75,62 mm, 'ENTÃO' use a equação 3 e 'ENTÃO' use a equação 4.

A correlação entre 'volume' do fruto e 'peso seco' apresentou um $R^2 = 0,94451$ (Prob. = 0,0001), sendo o valor de peso seco estimado com o uso da equação 3.

$$\text{Peso seco (g)} = -0,06161199 + 2,8245013 * \text{DMÉDIO} - 1,2304141 * \text{COMP} \quad (5)$$

onde DMÉDIO = média entre os diâmetros 1 e 2.

$$R^2 = 0,84455** \text{ (significativo a } 0,0001).$$

A equação 5 permite, então, a estimativa do peso seco dos frutos através de medidas de seu comprimento e diâmetro. Os parâmetros foram estimados utilizando-se resultados de 85 observações feitas em três diferentes épocas do ano.

É importante notar que, para frutos muito pequenos (menos que 5 gramas de peso), a equação 5 pode gerar resultados negativos.

Como 47% do peso seco dos frutos da cultivar Catongo é constituído por amêndoas, é possível uma estimativa da previsão da safra, através de medidas do diâmetro e comprimento dos frutos.

A equação 5 é, então, modificada, resultando a seguinte expressão:

$$\begin{aligned} \text{Produção (g)} &= \text{Peso seco (equação 5)} * 0,47 + \\ &(\text{Frutos/árvore}) \\ &* (\text{Árvores/ha}) * \text{Área total} \end{aligned} \quad (6)$$

Nas Tabelas 2, 3 e 4 estão os resultados referentes às diversas fases do fruto. Com os dados que constam da Tabela 5 estimou-se a função entre a variância e a média, descrita por:

$$\text{VAR} = 5470,18 - 7,79264059 * \text{Média} + 0,0027755689 * \text{Média}**2 \quad (7)$$

Na estimativa da temperatura-base, os parâmetros da função são os seguintes:

$$\text{VAR} = 17150,50 - 2407,89 * \text{Tb} + 84,5197 * \text{Tb}**2 \quad (8)$$

A constante-térmica adotada por definição foi

TABELA 2. Comprimento das seqüências possíveis das diversas fases do fruto (C.M.), desvio-padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valor mínimo (MIN) e máximo (MAX), número de observações (N) e limites inferior (li) e superior (ls) do intervalo de confiança (99% prob.).

Trat.	Fase	C.M.	D.P.	C.V.	MIN	MAX	N	ls99%	li99%
E	PEQ-MAD	154	4,2	2,74	143	163	68	155,3	152,7
C	PEQ-MAD	155	5,2	3,38	145	169	99	156,3	153,6
M	PEQ-MAD	152	6,3	4,14	143	158	4	170,4	133,6
L	PEQ-MAD	146	1,5	4,15	144	147	3	154,6	137,4
K	PEQ-MAD	144	2,4	1,66	142	147	4	151,0	137,0
T	PEQ-MAD	149	7,7	5,18	140	169	268	150,2	147,8
E	MED-MAD	113	7,0	6,25	96	131	69	115,2	110,8
C	MED-MAD	115	7,9	6,88	95	127	100	117,0	113,0
B	MED-MAD	109	4,8	4,36	93	118	86	110,3	107,7
M	MED-MAD	128	3,1	2,42	125	132	45	137,0	118,9
L	MED-MAD	129	2,1	1,62	127	131	3	141,0	117,0
K	MED-MAD	108	2,6	2,45	106	111	3	122,9	93,1
T	MED-MAD	113	7,5	6,64	93	132	265	114,2	111,8
E	ADU-MAD	82	10,7	12,94	50	105	63	85,5	78,5
C	ADU-MAD	87	9,4	10,82	52	101	92	89,5	84,5
B	ADU-MAD	83	7,4	8,94	55	96	88	85,0	81,0
M	ADU-MAD	87	4,1	4,7	84	93	4	99,0	75,0
L	ADU-MAD	88	3,0	3,46	85	91	3	105,5	70,5
K	ADU-MAD	72	0,6	0,81	71	72	3	75,4	68,6
T	ADU-MAD	84	9,3	11,03	50	105	253	85,5	82,5

T - é a análise de todas as observações.

PEQ-MAD - somatório dos comprimentos das fases do fruto pequeno, médio e adulto.

MED-MAD - somatório dos comprimentos das fases do fruto médio e adulto.

ADU-MAD - comprimento da fase adulta.

TABELA 3. Valores das médias da duração das fases de desenvolvimento, dados de amostragens e respectivos números de observações.

Início	Fase	Comprimento	Nº observações
06.07.85	Flor a pequeno	32	90
	Pequeno a médio	28	86
	Médio a adulto	24	86
	Adulto a maduro	84	88
10.04.85	Flor a pequeno	29	99
	Pequeno a médio	38	99
	Médio a adulto	26	92
	Adulto a maduro	87	92
15.05.85	Flor a pequeno	29	68
	Pequeno a médio	39	68
	Médio a adulto	27	63
	Adulto a maduro	84	63

Flor a pequeno - de flor até tornar-se fruto pequeno.

Pequeno a médio - de fruto pequeno até tornar-se médio.

Médio a adulto - de fruto médio até tornar-se adulto.

Adulto a maduro - de fruto adulto até tornar-se maduro.

TABELA 4. Duração média das fases (em porcentagem do ciclo total), desvios-padrão, valores mínimos e máximos e número de observações.

Fase	Obs.	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Adulto	10	0,4588	0,0195	0,4210	0,4890
Médio	10	0,1884	0,0285	0,1512	0,2197
Pequeno	10	0,1710	0,0432	0,0879	0,2204
Bilro	10	0,1817	0,0130	0,1579	0,2032

de 1.403,4 graus-dia em todo o ciclo, com uma temperatura-base de 14,3°C e não 14,2°C como foi calculada. A temperatura de 14,3°C foi selecionada porque é aquela em que o erro de estimativa do comprimento do ciclo do fruto ou flor a fruto maduro seria zero em termos de dias. A Tabela 6 apresenta as estimativas da constante-térmica em cada fase do desenvolvimento. A Tabela 7.

TABELA 5. Valores utilizados para estimativa da constante-térmica: Duração do desenvolvimento (D) na temperatura média (T), valores da constante-térmica em 3 temperaturas aleatórias (5°C, 10°C, 15°C) e respectivas médias e variâncias.

D	T	Temperatura-base		
		5	10	15
168	22,6	2956,8	2116,8	1276,8
181	22,0	3077	2172	1267
	Med	3016,9	2144,4	1271,95
	Var	7224,02	1523,52	49,005

traz essas estimativas com minimização dos erros. A duração média das diferentes fases do fruto está nesta mesma Tabela.

Foram selecionadas as duas variáveis meteorológicas que contribuíram mais significativamente para a determinação do comprimento das diferentes fases. Essa escolha foi feita através de uma regressão múltipla entre o comprimento de uma ou mais fases e as seguintes variáveis meteorológicas: chuva, radiação solar, evaporação de piche, evaporação de tanque classe A, nebulosidade, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média e horas de insolação. O resultado é apresentado na Tabela 8.

TABELA 6. Temperaturas-base, constantes-térmicas, duração média real e estimada das fases, e erro da estimativa.

Fase	TBASE °C	CCONST Gdia	DURMED dias	DESTIMA dias	ERRO dias
Bilro	14,2	241,3	30,3	24,622	-5,3776
Pequeno	14,2	281,5	35,0	33,916	-1,0843
Médio	14,2	206,7	25,7	27,932	2,2324
Adulto	14,2	683,6	85,0	91,147	6,1467
Ciclo	14,2	1403,4	174,5	173,259	-1,2407

TBASE - Temperatura-base em graus centígrados.

CCONST - Constante-térmica em graus-dia.

DURMED - Duração média observada das fases do fruto.

DESTINA - Duração estimada das fases do fruto.

ERRO - Variação entre duração observada e estimada.

TABELA 7. Temperaturas-base, constantes-térmicas e duração média das fases com erro zero de estimativa.

Fase	TBASE	CONST.	DURMED
Bilro	15,9567	241,3	30,0
Pequeno	14,4571	281,3	35,0
Médio	13,5572	206,7	25,7
Adulto	13,6576	683,6	85,0
Ciclo	14,2576	1403,4	174,5

TBASE - Temperatura-base em graus centígrados.

CONST. - Constante-térmica em graus-dia.

DURMED - Duração média observada das fases do fruto.

CONCLUSÕES

1. Foi calculada a temperatura-base do ciclo de desenvolvimento do fruto do cacaueteiro no valor de 14,2°C e a constante-térmica de 1.403,4 graus-dia.

2. Valores intermediários foram calculados individualmente nas fases do fruto.

3. A duração média encontrada na fase de bilro foi de 30 dias; fruto pequeno, 35 dias; fruto médio, 25,7 dias; e fruto adulto, 85 dias.

4. Chegou-se a uma equação para o cálculo do peso seco, em função do comprimento e diâmetro médios do fruto do cacaueteiro.

TABELA 8. R2 para o modelo comprimento da fase = f (chuva, radiação solar, evaporação de piche, evaporação de tanque classe A, nebulosidade, tmáxima, tmínima, tmédia, horas de insolação).**

Fase	Var. 1	Var. 2	R**2
Flor Pequeno	Evap. TanqueA	Rad. solar	0,9986
Flor Médio	Umid. relat.	Horas insol.	0,9468
Flor Adulto	Temp. média	Nebulos	0,8894
Flor Maduro	Temp. média	Chuva	0,9967
Pequeno Maduro	Temp. mín.	Umid. relat.	0,9906
Médio Maduro	Evap. piche	Rad. solar	0,9775
Adulto Maduro	Evap. piche	Rad. solar	0,9775
Bilro	Evap. TanqueA	Rad. solar	0,986
Pequeno Médio	Umid. relat.	Evap. piche	0,9670
Médio Adulto	Evap. piche	Rad. solar	0,9812
Adulto	Rad. solar	Evap. piche	0,9142

REFERÊNCIAS

- ARNOLD, C.Y. The determination of the temperature in a linear heat unit system. *American Society for Horticultural Science*, v.74, p.430-445, 1959.
- BURGOS, J.J.; REYES, H.; AQUINO, O. Tipos agroclimáticos mundiales del cacao (Theobroma cacao, L.). *Agronomia Tropical*, v.15, p.169-191, 1965.
- CONTAIGNE, G. De l'influence de la température sur le développement des végétaux. *Annales de la Société Botanique de Lyon*, v.9, p.81-127, 1982.
- CROSS, H.Z.; ZUBER, M.S. Prediction of Flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Agronomy Journal*, v.64, n.39, p.351-355, 1972.
- FRITSCH, K. Thermische Konstanten für die Blüte und Fruchtreife von 889 Pflanzenarten, Abgleiter zehnjährigen. Beobachtungen. In: *K. Wien Sitzungsbericht*, v.25, n.2, p.711-719, 1961.
- GERALD, B.H. A comparison of climate observation in a cocoa plantation and in open air in Ghana. In: *INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE*, 1, 1965. Abdjan. [S.l.:s.n.], 1967.
- LINDSEY, A.A.; NEWMAN, J.E. Use of official weather data in spring time-temperature analysis of an Indiana phenological record. *Ecology*, v.37, p.812-923, 1956.
- LIVINGSTON, B.E.; LIVINGSTON, G.J. Temperature coefficient in geography and climatology. *The Botanical Gazette*, v.56, n.5, p.349-374, 1913.
- OMETO, J.C. *Bioclimatologia vegetal*. Ceres: Agrônômica, 1981. 400p.
- SANTOS, J.M.Z. Fatores influenciadores e seus interrelacionamentos na produção agrícola. Uma técnica de análise. *Revista Geográfica*, São Paulo, v.1, p.51-63, 1982.
- TYLDESLEY, J.B. A method of evaluating the effect of temperature on an organism when the response is nonlinear. *Agricultural Meteorology*, v.19, p.137-153, 1978.
- VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura-base, em função das temperaturas máximas e mínimas. *Caderno de Ciência da Terra*, n.30, p.1972.
- WANG, J.Y. A critique of heat unit approach response studies. *Ecology*, v.41, n.4, p.785-790, 1960.
- WHITE, L.M. Relationship between meteorological measurement and flowering on index species to flowering of 53 plants. *Agricultural Meteorology*, v.20, p.189-204, 1979.