

BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 36

Campinas, fevereiro de 1977

N.º 5

ESTIMATIVA DE GRAUS-DIA EM FUNÇÃO DE ALTITUDE E LATITUDE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO (1)

MÁRIO J. PEDRO JÚNIOR (2), ORIVALDO BRUNINI (2), ROGÉRIO REMO ALFONSI (2) e
LUIZ ROBERTO ANGELOCCI, *Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agrônomo*

SINOPSE

O grau-dia é uma unidade térmica utilizada, principalmente, na determinação de épocas de plantio e colheita dos vegetais, contribuindo para uma agricultura racional. Pode ser estimado através de dados termométricos, ou seja, de médias mensais de temperaturas máximas e mínimas, obtidas em abrigos meteorológicos padrões, para regiões climaticamente homogêneas.

No presente trabalho foi utilizada a temperatura base de 10° C, abaixo da qual grande parte das plantas anuais não têm bom desenvolvimento.

Devido à pequena quantidade de estações meteorológicas no Estado, determinaram-se equações de regressão múltipla, pelo método dos quadrados mínimos, para a estimativa do total mensal de graus-dia em função da altitude e latitude da localidade.

Os resultados obtidos mostram que tal metodologia pode ser empregada no Estado de São Paulo, com razoável probabilidade de acerto, na estimativa dos graus-dia, podendo ser usados na determinação de épocas de plantio e colheita.

1 — INTRODUÇÃO

A unidade térmica graus-dia é utilizada para estudos de relações planta-temperatura, sendo determinada pelo acúmulo de médias diárias de temperatura do ar, acima de um valor considerado como limite para o desenvolvimento do vegetal (11), podendo ser calculada através de dados

termométricos obtidos em postos meteorológicos padrões (12).

O método do acúmulo dos graus-dia representa uma maneira de avaliar o desenvolvimento de um vegetal, utilizando-se valores obtidos através da diferença entre a temperatura média diária e a temperatura-base con-

(1) Recebido para publicação em 21 de julho de 1976.

(2) Com bolsa de suplementação do C.N.Pq.

siderada como limite crítico para o desenvolvimento do vegetal e tem-se mostrado aceitável para o planejamento e previsão de datas de plantio e colheita (6).

Portanto, é estreita a relação entre o grau-dia e a temperatura do ar, e considerando-se viável a estimativa da temperatura por equações de regressão múltipla em função de altitude e latitude (1, 7, 8), a deficiência no número de postos meteorológicos existentes na região estudada levou ao desenvolvimento de equações de regressão múltipla para estimativa do total mensal de graus-dia, acima da temperatura base de 10°C, em função da altitude e latitude de uma localidade qualquer no Estado de São Paulo.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas normais de temperatura média, máxima e mínima de quarenta e nove localidades do Estado de São Paulo, existentes nos arquivos da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo — Campinas e do Sétimo Distrito Meteorológico do Departamento Nacional de Meteorologia.

Para a estimativa dos graus-dia foi utilizada a temperatura-base de 10° C, que é a usada por vários autores para diferentes vegetais, tais como: milho (2, 5); feijão e morango (2); feijão e vagem (4), tomate e melão (23).

O sistema de unidades térmicas utilizado para previsão de datas de colheita fundamenta-se no somatório dos valores de temperaturas superiores à temperatura-base do vegetal durante todo o ciclo da cultura.

Para cálculo dos graus-dia utilizou-se o método proposto por Lindsay e Newman (6), Williams e Mackay (12) e adaptado para as condições do Estado de São Paulo por Villa Nova e outros (10).

Os totais mensais de graus-dia obtidos para cada uma das 49 localidades foram correlacionadas com suas respectivas altitude e latitude, a fim de obter as equações mensais de estimativa de graus-dia em função desses parâmetros. O método utilizado para estabelecer as equações de regressão múltipla foi o dos quadrados mínimos, segundo a expressão geral:

$$\hat{Y}_i = a + b X_1 + c X_2$$

onde \hat{Y}_i = total mensal de graus-dia estimado; X_1 = altitude em metros; X_2 = latitude em minutos

O teste de significância dos coeficientes de regressão foi realizado segundo Steel e Torrie (9).

3 — RESULTADOS

Os resultados obtidos, constando das equações de regressão múltipla e dos respectivos coeficientes de correlação, permitem estimativas do total mensal de graus-dia em função de altitude e latitude e são apresentados no quadro 1.

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O total mensal de graus-dia, estimado com base nas equações apresentadas, poderá ser utilizado em regiões do Estado de São Paulo carentes de informações meteorológicas, sendo uma técnica racional para planejamento do plantio e colheita dos vegetais.

QUADRO 1. — Equações de regressão múltipla para estimativa do total de graus-dia mensal (\hat{Y}_i) em função da altitude em metros (X1) e da latitude em minutos (X2), e respectivos coeficientes de correlação

JANEIRO	\hat{Y}_1	=	759,81	—	0,1699	X1	—	0,1699	X2	R = 0,87**
FEVEREIRO	\hat{Y}_2	=	631,78	—	0,1543	X1	—	0,1092	X2	R = 0,87**
MARÇO	\hat{Y}_3	=	953,83	—	0,1828	X1	—	0,3188	X2	R = 0,88**
ABRIL	\hat{Y}_4	=	844,21	—	0,1717	X1	—	0,3008	X2	R = 0,82**
MAIO	\hat{Y}_5	=	942,30	—	0,1378	X1	—	0,4314	X2	R = 0,85**
JUNHO	\hat{Y}_6	=	897,30	—	0,1283	X1	—	0,4348	X2	R = 0,84**
JULHO	\hat{Y}_7	=	1041,94	—	0,1404	X1	—	0,5346	X2	R = 0,86**
AGOSTO	\hat{Y}_8	=	1037,61	—	0,1530	X1	—	0,6881	X2	R = 0,85**
SETEMBRO	\hat{Y}_9	=	1269,33	—	0,1305	X1	—	0,6393	X2	R = 0,84**
OUTUBRO	\hat{Y}_{10}	=	1287,37	—	0,1582	X1	—	0,6091	X2	R = 0,86**
NOVEMBRO	\hat{Y}_{11}	=	1185,57	—	0,1731	X1	—	0,5253	X2	R = 0,87**
DEZEMBRO	\hat{Y}_{12}	=	946,51	—	0,1634	X1	—	0,3255	X2	R = 0,81**

** Hipótese H_0 : $\rho = 0$ rejeitada para $\rho < 0,01$ (Steel & Torrie, 1960)

Os coeficientes de correlação indicam que as associações entre as variações analisadas são significativas, ao nível de 1%, evidenciando a possibilidade de uso desta técnica.

Os coeficientes de correlação encontrados foram elevados mostrando que as variações dos totais mensais de graus-dia são, em sua maior parte, devidas às variações conjuntas de altitude e latitude.

As equações obtidas permitem a obtenção dos gradientes de graus-dia no Estado de São Paulo em função dos dois parâmetros considerados:

a) efeito da altitude (X1) — mantendo a latitude constante em cada uma das equações encontra-se um mínimo de 128 e um máximo de 182 graus-dia de variação no total mensal para cada 100 metros de altitude.

b) efeito da latitude (X2) — fixando-se a altitude nas equações mensais de estimativa há uma variação de 6,5 a 13 graus-dia no total mensal para cada grau de latitude.

Assim, à medida que aumenta a latitude ou a altitude, tem-se um decréscimo no total acumulado de graus-dia, indicando um provável ciclo mais longo para as culturas, nessas regiões.

As equações obtidas não devem ser extrapoladas para outros Estados do Brasil, muito embora forneçam indicações aproximadas das condições de disponibilidade térmica nas áreas limítrofes ao Estado de São Paulo.

Além disso, a estimativa do total mensal de graus-dia de maneira semelhante à estimativa de temperaturas para o Estado de São Paulo (8) não é viável na faixa litorânea, devido ao fator oceanidade que mascara os efeitos da altitude e da latitude.

DEGREE-DAY ESTIMATION IN RESPECT TO ALTITUDE AND LATITUDE
FOR SÃO PAULO STATE

SUMMARY

Multiple regression equations were developed to determine the total monthly degree-days in function of altitude (meters) and latitude (minutes), in order to estimate the amount of heat unit for annual crops in localities where meteorological data are not available.

The degree-day was determined through thermometric data, using monthly mean values of maximum and minimum temperatures obtained in several meteorological stations of São Paulo State. The base temperature of 10° C, below which great part of the crops does not have a good development was used to determine the heat-units.

LITERATURA CITADA

1. ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S. & PEDRO JÚNIOR, M. J. Estimativa das normais de temperaturas média mensal e anual do Estado de Goiás (BR) em função de altitude e latitude. São Paulo, Instituto de Geografia — USP, 1974. (Caderno de Ciências da Terra n.º 45)
2. HOLMES, R. M. & ROBERTSON, G. W. Heat units and crop growth. Ottawa, Canada Department of Agriculture, 1959. (Publication 1042)
3. HOPP, R. J.; LAUTZENHEISER, R. E. & VARNEY, K. E. Growing degree-days in Vermont. Burlington, 1968. (Agr. Exp. Sta. Bull. n.º 654)
4. KISH, A. J.; OGLE, W. L. & LOADHOLT, C. B. A prediction technique for snap bean maturity incorporating soil moisture with the heat unit system. *Agricultural Meteorology* 10:203-209, 1972.
5. LANA, E. P. & HABER, E. S. The value of the degree-hour summation system for estimating schedules and harvest dates with sweet corn in Iowa. *Iowa State College Journal of Science* 26(1):99-109, 1951.
6. LINDSEY, A. A. & NEWMAN, J. E. Use of official weather data in spring time — temperature analysis of an Indiana phenological record. *Ecology* 37(4):812-823, 1956.
7. PEREIRA, A. R.; ORTOLANI, A. A.; PINTO, H. S. & TARIFA, J. R. Análise de regressão como subsídio ao desenvolvimento das cartas de isotermas e isoietas. *Revista Geográfica* 78:115-130, 1973.
8. PINTO, H. S.; ORTOLANI, A. A. & ALFONSI, R. R. Estimativa das temperaturas médias mensais do Estado de São Paulo em função de altitude e latitude. São Paulo, Instituto de Geografia — USP, 1972. (Caderno de Ciências da Terra n.º 23)
9. STEEL, R. G. D. & TORRIE, H. J. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1960.
10. VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JÚNIOR, 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. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1972. (Caderno de Ciências da Terra n.º 30)
11. WANG, J. Y. A critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology* 41(4):785-790, 1960.
12. WILLIAMS, G. D. V. & MacKAY, K. H. Tables of daily degree-days above or below any base temperature. Canada Department of Agriculture, 1970. (Publication 1409)