

## PLANILHAS DE CÁLCULO PARA ESTIMATIVA DO CICLO DE CULTURAS, A PARTIR DE GRAUS-DIA

Leandro Calve<sup>1</sup>, Rogério Remo Alfonsi<sup>2</sup>, Eduardo Delgado Assad<sup>3</sup>

**ABSTRACT:** Two spread-sheets for degree-days calculation were programmed. The first one makes monthly calculations, where temperatures are estimated by regression equations, proposed for some Brazilian States. It can be used for planning crop sowing, harvest, and crop zoning. The second one makes daily calculations with data inserted manually, which is more flexible. The results obtained with the spread-sheets presented very good performance and revealed to be of great utility for crop planning and zoning.

### INTRODUÇÃO

A temperatura é um dos principais fatores de controle do desenvolvimento vegetal. Por volta de 1735, Reaumur, na França, realizou os primeiros estudos relacionando desenvolvimento vegetal e temperatura do ar, quando ele observou que o somatório da temperatura do ar era praticamente constante durante o ciclo de desenvolvimento de várias espécies em diferentes anos (Pereira et al., 2002).

Dessa forma, foi desenvolvido o conceito de Graus-dia que baseia-se no fato de que existem duas temperaturas base, uma mínima e outra máxima, entre as quais a planta tem pleno desenvolvimento. Fora desse intervalo, a planta não se desenvolve ou o faz em taxas muito reduzidas (Pereira et al., 2002).

Nesse sentido, a temperatura pode ser considerada o fator principal de controle do desenvolvimento das plantas e de grande influência na sua distribuição geográfica (Holmes e Robertson, 1959). Assim, pode-se considerar que a teoria dos graus-dia pode ser utilizada, na estimativa dos ciclos das culturas, previsão de data de colheita e, principalmente, no zoneamento agrícola, fazendo com que este último deixe de ser estático e passe a ser dinâmico.

Pedro Junior et al. (1975) mostraram que o cálculo de graus-dia a partir de equações de regressão múltipla, para o estado de São Paulo, é viável, tornando-se uma técnica útil para o planejamento do plantio e colheita.

A partir dessas afirmações, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma planilha de cálculo em ambiente computacional Excel for Windows™ para facilitar os cálculos de graus-dia a partir da estimativa das temperaturas médias de várias regiões e auxiliar no cálculo dos ciclos das culturas.

### MATERIAL E MÉTODOS

Arnold (1960) sugere que o cálculo de graus-dia, pode ser feito a partir da média entre a temperatura máxima e mínima diária, que representa o ponto médio do gráfico da distribuição diária de temperatura.

O cálculo foi feito a partir da equação também empregada por Sentelhas et al (1995):

$$GD = (Tmed - Tb) * N \quad (1)$$

em que: *Tmed*: temperatura média mensal estimada; *Tb*: temperatura base da cultura; *N*: número de dias do mês.

As equações utilizadas para as estimativas das temperaturas médias mensais aquelas apresentadas por PEREIRA et al. (2002), para vários estados brasileiros, todas baseadas no método dos mínimos quadrados, representado por:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 \quad (2)$$

em que: *Y* = e a temperatura mensal do ar; *X*<sub>1</sub>, *X*<sub>2</sub> e *X*<sub>3</sub> = são, respectivamente, a altitude, a latitude e a longitude; *a*<sub>0</sub>, *a*<sub>1</sub>, *a*<sub>2</sub> e *a*<sub>3</sub> = são os coeficientes da equação de regressão.

Nos trabalhos apresentados sobre as equações de estimativa de temperatura, os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios. Sendo assim, considerou-se que para o cálculo de acúmulo de graus-dia eles também sejam suficientemente precisos.

A partir das equações de graus-dia e das de estimativa de temperatura para vários Estados brasileiros, foi implementado o programa em duas planilhas, sendo:

#### Cálculo de Ciclo Mensal

Esta planilha (Figura 1), possui um cabeçalho onde devem ser inseridas todas as informações necessárias para o cálculo dos graus-dia e, conseqüentemente, do ciclo da cultura estudada, com exceção do Estado e da mensagem "data do plantio ou florescimento" e "data da colheita" que devem ser escolhidas a partir da lista existente nas respectivas células (Figura 1).

Com a correta inserção dos dados é possível se determinar o ciclo total da cultura, partindo-se da data do plantio, ou de forma reversa estimar a data em que se deve fazer o plantio, assumindo-se a data em que se pretende colher.

Como o cálculo dos graus-dia é feito a partir da estimativa da temperatura média, a área destinada aos cálculos não deve ser alterada. Caso o usuário deseje alterar o método de cálculo deve utilizar a planilha de cálculo diário. Para a estimativa da temperatura dos Estados que não se encontram na planilha há apenas a necessidade de se incluir os parâmetros para o Estado em questão, obedecendo ao critério adotado pela equação 2.

#### Cálculo diário

O cabeçalho desta planilha é preenchida automaticamente a partir do cabeçalho da planilha anterior, mas caso o usuário necessite, pode ser feito manualmente.

A área de cálculos foi preparada para que seja feito um acompanhamento diário. Dessa forma, os dados devem ser todos inseridos manualmente e o método de cálculo pode ser alterado de acordo com a necessidade do usuário.

Existe ainda uma planilha com instruções suplementares e explicações sobre os itens das duas planilhas anteriores.

<sup>1</sup>Engenheiro Agrícola – Estagiário Cepagri-Unicamp. e-mail: [leandro@cpa.unicamp.br](mailto:leandro@cpa.unicamp.br)

<sup>2</sup>Pesquisador Científico – IAC – Campinas, SP. e-mail: [remo@iac.sp.gov.br](mailto:remo@iac.sp.gov.br)

<sup>3</sup>Pesquisador Embrapa Informática Agropecuária – Campinas, SP. e-mail: [assad@cnptia.embrapa.br](mailto:assad@cnptia.embrapa.br)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes das planilhas foram feitos com o intuito de verificar a validade do seu uso para auxílio no zoneamento agrícola, analisando-se o acúmulo de graus-dia a partir de dois trabalhos disponíveis na literatura, sendo um com a cultura do milho, conduzido por Barbano et al. (2001), onde foram analisados os ciclos do milho safra e safrinha, e com a cultura da soja, variedade Dourados, conduzido por Schoeffel e Volpe (2002), ambos realizados no Estado de São Paulo.

Em ambos os casos foram inseridas as coordenadas geográficas da região, a temperatura base para a cultura, o valor do somatório de graus-dia para cada variedade e as datas de plantio e colheita, alternadamente.

Quando comparados com dados de campo, obtidos na literatura citada acima, os ciclos foram maiores, entre 9% e 10%, no caso do milho (Tabela 1), e entre 5% e 9%, no caso da soja. Isso se deve ao fato de que as temperaturas estimadas foram menores do que as obtidas nos experimentos.

De uma forma geral, a planilha para cálculo mensal se mostrou eficiente para a estimativa dos ciclos das culturas, tanto para a previsão da data da colheita quanto para a previsão de data de plantio.

A planilha para acompanhamento diário, mais simples e flexível, tem o inconveniente de ter que ser abastecida diariamente com dados de algum posto meteorológico no local de estudo ou próximo a ele, que represente a região. Por outro lado, pode tornar-se de grande utilidade no acompanhamento e verificação dos ciclos estimados e planejados pela planilha de cálculo mensal, para correções de eventuais erros ocorridos na estimativa das temperaturas mensais.

Pelo que se pode verificar, de uma forma geral, as planilhas podem auxiliar no planejamento das safras e zoneamento das culturas, por fornecerem resultados

compatíveis com as regiões estudadas e podendo ser extrapoladas para todos os estados constantes no banco de dados do programa, auxiliando, assim, o planejamento e zoneamento agrícola.

## REFERÊNCIAS

- Arnold, C. Y. Maximum-Minimum Temperature as a Basis for Computing Heat Units. American Society for Horticulture Science, v. 76, 682-692, 1960.
- Barbano, M. T., Duarte, A. P., Brunini, O., Reco, P. C., Paterniani, M. E. A. G. Z., Kanthack, R. A. D. Temperatura-base e acúmulo térmico no sub-período sementeira-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, v. 9, n. 2, 261-268, 2001.
- Holmes, R. M., Robertson, G. W. Heat Units and Crop Growth. Canada Department of Agriculture, Ottawa, Canada, n. 1042, 35p. 1959.
- Pedro Júnior, M. J., Brunini, O., Alfonsi, R. R., Angelocci, L.R. Estimativa de graus-dia em função da altitude e latitude para o Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, SP, v. 36, n 5, 4 p, 1975.
- Pereira, A.R.; Angelocci, Luiz R.; Sentelhas, P.C. Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas. Guaíba, RS: Agropecuária, 2002. 478p.
- Schöffel, E.R., Volpe, C. A. Contribuição relativa da temperatura do ar no desenvolvimento de três cultivares de soja. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, v. 10, n. 1, 97-104, 2002
- Sentelhas, P. C.; Piza Jr, C. T.; Alfonsi, R. R.; Kavati, R.; Soares, N. B. Zoneamento climático da época de maturação do abacate no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, v. 3, 133-140, 1995.

Tabela 1. Comparação: Dados de campo versus literatura.

Cultura	Variedade	Ciclo (dias) literatura	Ciclo (dias) planilha	Diferença (dias)	Variação (%)	Tmed literatura	Tmed planilha	Diferença (° C)	Variação (%)
Milho	Safra	64	73	9	14%	23,9	22	1,9	8%
	Safrinha	74	88	14	19%	21,8	19,7	2,1	10%
	Safra	57	67	10	18%	25,3	23,1	2,2	9%
	Safrinha	63	79	16	25%	23,8	21,4	2,4	10%
Médias				12	19%			2	9%

Figura 1. Cálculo de Ciclo Mensal

Planejamento de ciclo da cultura em função de Graus-dia							
Cultura:	<b>Milho</b>			Variedade:	<b>Safrinha</b>		
Ciclo:	<b>Sementeira - Florescimento</b>			Data de plantio ou florescimento	<b>15-out-04</b>		
Temperatura Base Mínima (Tb):	<b>8</b>	°C		Graus-dia:	<b>1018</b>	°C	
Estado:	<b>São Paulo</b>		Cidade:	<b>Assis</b>			
Altitude (m):	<b>563</b>		Latitude:	<b>22,4</b>			
Duração do ciclo:	<b>73</b>	<b>dias.</b>		Data da colheita:	<b>27 dezembro, 2004</b>		
Mês	Temperatura Média (°C)	Graus-dia (°C) Acumulados (Previstos) no mês	Graus-dia Acumulados (Previsto) no período	Graus-dia Acumulados no ciclo	Dias mensais do ciclo (uso efetivo)	Dias mensais acumulados no ciclo	Mensagem de Ciclo
Outubro	21,1	209,3	209,3	209,3	16	16	Ciclo incompleto
Novembro	22,1	423,2	632,6	632,6	30	46	Ciclo incompleto
Dezembro	22,7	455,1	1087,6	1018,0	27	73	Ciclo completo