

DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA-BASE E DE GRAUS-DIAS NA ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DOS SUBPERÍODOS DE DESENVOLVIMENTO DO MILHO

Beatriz LOZADA¹ e Luiz Roberto ANGELOCCI²

RESUMO

O uso de graus-dias foi adequado para a estimativa da duração do subperíodo semeadura-floração (SF), mas não para a do subperíodo floração-colheita (FC) e a do ciclo do híbrido AG 106, pois nos dois últimos casos não foi encontrada boa correlação entre o desenvolvimento relativo e a temperatura do ar. Os graus-dias foram calculados de duas formas, com e sem utilização de correção para a disponibilidade hídrica no solo: quando a correção foi utilizada, melhorou a estimativa da duração do subperíodo SF. O cálculo de temperatura-base (T_b) por 3 métodos, a partir de graus-dias com e sem correção para o fator hídrico, levou a valores muito próximos entre os métodos quando se compara dentro de cada forma de cálculo (com e sem uso do fator hídrico), mas com pequena diferença (1°C) quando se compara as duas formas. O uso de valores de temperatura-base entre 4 e 10°C levou a boas estimativas da duração do subperíodo SF, embora o uso de 10°C e correção dos graus-dia para o fator hídrico tenha levado à melhor estimativa.

INTRODUÇÃO

Para completarem cada subperíodo fisiológico do ciclo de vida, as plantas requerem o acúmulo de certa soma de calor, comumente expressa pelo índice "graus -dias", que representa a soma térmica acima de uma temperatura-base para o desenvolvimento. Considera-se haver uma relação linear entre a temperatura e a taxa de desenvolvimento relativo da planta, desde que não existam limitações de outros fatores. O valor de graus-dias requerido para atingir determinado estágio fisiológico é assumido como constante e independente do local ou época de semeadura. A teoria dos graus-dias tem sido causa de opiniões divergentes.

Wang (1960) considera que as plantas respondem diferencialmente ao mesmo fator ambiental nos diferentes estádios de desenvolvimento e que a exigência em graus-dias é constante somente para aquela amplitude na qual existe linearidade entre o desenvolvimento relativo e a temperatura, o que é assinalado também por Oliveira (1990) e Massignam e Angelocci (1993). Enfatizam, também, que esta teoria não considera outros fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento da planta. Brown et al. (1960) afirmam que pode existir uma influência do fotoperíodo e do déficit hídrico do solo na resposta à temperatura. No sentido de considerar a linearidade da relação entre temperatura e desenvolvimento relativo, Massignam e Angelocci (1993) propuseram fatores de correção dos graus-dia, o que melhorou a previsão da época de ocorrência da floração em girassol.

Outra crítica feita à teoria dos graus-dia por Wang (1960) refere-se à temperatura-base utilizada nos cálculos, por ser considerada constante, o que é uma aproximação, pois os valores limiares mudam com avanço da idade da planta. A temperatura-base fisiológica é considerada como a menor temperatura na qual o desenvolvimento da planta é nulo e pode variar em um cultivar em função do subperíodo. Alguns autores consideram um valor geral de 10°C como a temperatura-base para o milho. Oliveira (1990) cita os seguintes valores obtidos por diferentes autores: 4°C a 0°C , no subperíodo de emergência - floração e 10°C a 12°C , no subperíodo pendramento-maturação. Mas, a utilização de um valor de temperatura-base inadequada ocasiona erro considerável na estimativa dos graus-dia (Brunini, 1971, citado por Berlato e Sutili, 1976).

O presente trabalho tem como objetivos: a) comparar os métodos de determinação da temperatura-base; b) comparar as estimativas de duração dos subperíodos semeadura-floração (SF), floração-colheita (FC) e do ciclo semeadura-colheita (SC), através de modelo de regressão com base em graus-dias, com e sem a correção para o efeito de falta de linearidade entre temperatura do ar e desenvolvimento da planta e

¹ Eng^o Agr^o, MS, Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado de Tachira, CIAE-TACHIRA. FONAIAP, Bramon, Tachira, Venezuela.

² Dr., Prof. Associado, Depto. de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, C.P. 9, 13418-900- Piracicaba- SP, e-mail lrangeolo@carpa.ciagri.usp.br. Bolsista do CNPq.

para condições de disponibilidade hídrica, utilizando-se para temperatura-base os valores encontrados neste trabalho, bem como o de 10° C citado na literatura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com base em observações fenológicas do ensaio de híbridos e épocas de semeadura de milho da firma AGROCERES, na localidade de Santa Cruz das Palmeiras, S.P., (lat. 21°50'S, long. 47°16' W, alt. de 664 m), durante 6 anos (1987 - 1993), com 15 épocas de semeadura espaçadas de 15 dias, desde a primeira semana de setembro até a primeira de abril. Foram usados 15 híbridos no ensaio, dos quais foi selecionado o AG - 106, por estar presente ao longo dos seis anos analisados.

Os totais de graus-dia (GD) para completar os subperíodos SF, FC e o ciclo SC, foram calculados a partir dos valores de temperatura média de cada subperíodo, com uma equação do tipo:

$$GD = (T_{med} - T_b) \cdot NUM \quad (1)$$

em que NUM = duração do subperíodo em dias, T_{med} = temperatura média do ar e T_b = temperatura base. Como os ensaios não foram sempre realizados sob condições hídricas ideais no solo, foram calculados os graus-dias corrigidos para disponibilidade hídrica segundo Massignam e Angelocci (1993):

$$GDC = GD \cdot FH \quad (2)$$

sendo FH um fator de correção para disponibilidade hídrica, obtido com a relação

$$FH = (NH / N) \quad (3)$$

em que NH é a duração do subperíodo (dias) que ocorreria se não houvesse deficiência ou excedente hídrico no período e N a duração estimada do subperíodo através de equação de regressão múltipla.

Os valores de NH e N para o subperíodo SF foram calculados a partir das equações (4) e (5), cada uma referindo-se, respectivamente, ao uso de 4 e de 5 anos para o ajuste; no primeiro caso, sobraram dois anos agrícolas (91-92; 92-93) e no segundo um ano (92-93), usados para validação. No cálculo de NH para uma determinada temperatura, adotou-se deficiência (DEF) e excedente (EXC) hídricos no solo iguais a zero como condições ótimas de disponibilidade hídrica:

$$N = 318,03 - 18,14 T_{med} + 0,32 T_{med}^2 + 0,10 DEF \quad (4)$$

$$N = 318,03 - 16,62 T_{med} + 0,28 T_{med}^2 + 0,10 DEF \quad (5)$$

Não se encontrou uma boa correlação linear entre a duração do subperíodo e as variáveis climatológicas na floração-colheita e no ciclo semeadura a colheita

A temperatura-base considerada como representativa das séries de semeadura foi determinada pelos métodos de menor variabilidade (SD), da intersecção das abscissas através da regressão (IAR) e de menor variabilidade (CV). Verificou-se não haver necessidade de correção para a falta de linearidade entre a temperatura e o desenvolvimento relativo, indicando a existência de uma ótima associação entre ambos.

RESULTADOS

O valor de FH variou de 0,87 a 1,00 e de 0,88 a 1,00 para o subperíodo semeadura-floração. Os valores menores ocorreram em 2 a 3% do total dos casos, sendo mais frequentes os valores acima de 0,98 (58%); em 26 a 28% dos casos foi igual a 1,00. As diferenças entre a duração observada do subperíodo e a que teoricamente ocorreria se não houvesse problema de disponibilidade hídrica foram pequenas na maior parte das épocas de semeadura: em 63% dos casos menor a 5 dias, em 32% das casos entre 5 a 10 dias e somente em 5% dos casos diferenças maiores que 10 dias, com um valor extremo de 14 dias.

Como o subperíodo FC e o ciclo SC apresentaram baixa correlação entre o desenvolvimento relativo e a temperatura do ar, o valor de T_b foi estimado somente para o subperíodo SF. O valor dependeu do uso do fator de correção para a disponibilidade hídrica no cálculo dos graus-dias. Houve concordância entre os valores obtidos pelos métodos de menor variabilidade e de menor variabilidade segundo Arnold, o que não é surpresa por serem métodos de base teórica comum. Os valores obtidos foram de 3,0 e 4,0° C quando na estimativa foram usados graus-dias não corrigidos, respectivamente para o conjunto de 4 e de 5 anos de dados, e 2,0 e 3,0° C quando os graus-dia foram corrigidos. Houve concordância, também, dos valores obtidos pelo método de intersecção da abscissa com os dos dois anteriores, mas os obtidos pelo método gráfico de intersecção da abscissa diferiram dos valores pelos outros métodos (4,6° e 5,2° C).

O cálculo dos graus-dias corrigidos para o fator hídrico, originou valores menores quando comparados com os originários de graus-dias sem correção, sendo de 1° C a diferença entre eles.

Na validação dos modelos para estimativa da duração do subperíodo SF, considerando dois anos

(91-92; 92-93) de observações independentes dos usados no estabelecimento das equações de regressão, as estimativas tenderam a subestimar e a superestimar, respectivamente, a duração do subperíodo. Para o ciclo 91-92 houve boa correlação entre a duração observada e a estimada pelos graus-dia e o modelo de regressão, apresentando esta estimativa o maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,81$), significativo a 1%, dentro das estimativas através dos graus-dia com $T_b = 10^\circ\text{C}$ corrigida para o fator hídrico.

No ciclo 92-93, os valores dos coeficientes de determinação foram médios, mas significativos a 1%. A melhor estimativa foi obtida com $T_b = 10^\circ\text{C}$ e com correção para o fator hídrico ($R^2 = 0,88$). Não houve boa correlação entre a duração observada do subperíodo e a estimada pelo modelo de regressão ($R^2 = 0,43$), apresentando o maior desvio, sendo significativa ao 1% no teste de R^2 . Esta baixa associação pode ser consequência do fato de que no ciclo ocorreram valores de deficiência hídrica superiores aqueles usados na determinação da equação de regressão, o que significa uma limitação para o uso do modelo de regressão.

Quando se usou 1 ano para a validação (92-93), o menor desvio foi promovido pela temperatura-base de 10°C , com graus-dias corrigidos para o fator hídrico. Todas as estimativas tenderam a superestimar a duração do subperíodo. Como no caso de dois anos de validação, não houve boa correlação entre NUM observado e a estimativa pelo modelo de regressão (N), obtendo-se o menor coeficiente de determinação R^2 e o maior desvio, sendo igualmente explicado pelas limitações dos modelos de regressão.

O fato de o uso dos graus-dias com diferentes valores de temperatura-base ter levado a boas estimativas de duração do subperíodo SF, pode ser explicado em função de que os valores de CV e SD variam muito pouco na faixa de temperatura-base entre 0° a 8°C , tornando difícil definir com precisão o valor que leva à menor variabilidade de CV e SD; ou seja, o valor que pode ser assumido como o de T_b . E, mesmo quando comparados com os valores obtidos com $T_b=10^\circ\text{C}$, as diferenças foram pequenas.

CONCLUSÕES

a) O uso de graus-dia para estimativa da duração de subperíodos em milho, mostrou-se adequado somente para o de semeadura à floração; para o de floração colheita e para o ciclo semeadura-colheita, não se mostrou adequado pela baixa correlação entre o desenvolvimento relativo e a temperatura média do ar.

b) Os métodos de menor coeficiente de variação e menor variabilidade segundo Arnold levaram aos mesmos valores de temperatura-base, quando a estimativa empregou ou os graus-dias corrigidos ou os não corrigidos para o fator hídrico; mas, houve diferença entre os valores de T_b obtidos a partir dos grupos de dados com e sem correção, ou quando foram empregados 4 ou 5 anos de observações. O método de intersecção da abcissa levou à valores superiores de T_b em relação aos estimados pelos dois outros métodos.

c) Não houve diferenças acentuadas na estimativa da duração do subperíodo. SF quando foram usados os valores de T_b estimados e o de 10°C , mas quando esse último valor foi usado juntamente com graus-dia corrigidos para o fator hídrico, houve melhora na estimativa da duração do subperíodo.

BIBLIOGRAFIA

- ARNOLD, C.V. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. In: **Proceedings of Am. Soc. Hortic. Sci.**, Genebra, v.74; p. 430-445. 1959.
- BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. Ecologia do milho: II: Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência-pendoamento e emergência-espigamento de tres cultivares de milho. In: Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 11, Piracicaba. **Anais**, Piracicaba, ESALQ, 1976. p. 522-527.
- BROWN, D. M. Soybean Ecology. I. Development temperature relationships from controlled environmental studies. **Agronomy Journal**, Madison, v. 52, n.9, p.493-496. 1960.
- MASSIGNAM, A.M.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia na estimativa da duração dos subperíodos de desenvolvimento de três cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n.1, p. 71-19. 1993.
- OLIVEIRA, M.D.X. Comportamento da cultura de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de semeadura nas regiões centro e norte de Mato Grosso do Sul. ESALQ, 1990. 90 p. Tese de Mestrado.
- WANG, J.Y. A critique of the heat unit approach to plant response studies. **Ecology**, Brooklin, vol.41, vol. 41, n.4, p. 785-790. 1960.

Agradecimentos à: AGROCERES Ltda. pelo fornecimento dos dados; FAPESP e CAPES pelas bolsas a BL.