

ISSN 0104-1347

Temperatura base e soma térmica para cultivares de milho pipoca (*Zea mays* L.) no subperíodo emergência-florescimento masculino¹

Base temperature and accumulated growing degree days for popcorn maize cultivars (*Zea mays* L.) for the sub-period sowing-flowering phase

Marcelo Trevizan Barbano², Eduardo Sawazaki¹, Orivaldo Brunini³, Paulo Boller Gallo⁴ e Edison Martins Paulo⁴

Resumo - O trabalho teve como objetivo determinar a temperatura-base para o milho pipoca, cultivares Zélia, IAC 112 e IAC TC 01, e a soma térmica para o subperíodo emergência-florescimento masculino. Para o cálculo da temperatura-base foram utilizados dados fenológicos coletados em experimentos de campo desenvolvidos nas safras de 1997, 1998, 1999, 2000 e 2001, em Centros Experimentais do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), nas localidades de Adamantina, Campinas, Capão Bonito e Mococa. Os valores diários de temperatura do ar foram obtidos em Postos Meteorológicos da Rede do IAC, instalados em áreas representativas das localidades. A temperatura-base foi determinada pelos métodos do desvio padrão e o da taxa de desenvolvimento. A variação na temperatura-base da cultura no subperíodo germinação-florescimento masculino foi de 7,0°C a 8,1°C, em função da cultivar e método utilizado, e a exigência em total de graus-dia, para o subperíodo analisado, foi em média de 783 unidades térmicas. Os resultados evidenciaram a possibilidade do uso de ambos os métodos para o cálculo de temperatura-base e soma térmica, independente da cultivar, viabilizando assim, a estimativa de duração do ciclo.

Palavras-chave - milho pipoca, temperatura-base, graus-dia, Zélia, IAC 112, IAC TC 01, subperíodo emergência-florescimento.

Abstract - The objective of this study was to determine the base-temperature for popcorn maize, Zélia, IAC 112 e IAC TC 01 cultivars, and the total of growing degree days to complete the sowing-flowering period. The phenological data utilized were collected from field experiments carried out during summer seasons from 1997 to 2001, at Experimental Stations of Instituto Agrônomo (IAC), State of São Paulo, Brazil. The daily air temperature data were recorded at the meteorological weather stations belonging to IAC located near the experiments plots. The base temperature was determined in two ways: standard deviation and relative development. Base temperature values varied from 7,0°C a 8,1°C according to the methodology used and cultivar. The average total of growing degree days was 783 heat units. The results indicated the possibility of using both methods for the calculation of the base temperature and crop growing degree days and to estimate the length of plant cycle.

Key words - popcorn maize, base temperature, degree days, Zélia, IAC 112, IAC TC 01, sowing-flowering phase.

Introdução

A temperatura ambiente tem-se demonstrado como um dos elementos climáticos mais relevante na determinação da duração dos subperíodos de

desenvolvimento das plantas, desde que não ocorra deficiência hídrica acentuada. Segundo BARBANO et al. (2001), a temperatura influencia os processos fisiológicos dos vegetais, interferindo em cada subperíodo do ciclo dos vegetais.

¹Parte do trabalho apresentado no XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2001.

²Eng. Agrônomo - Estudante do curso de pós-graduação (Mestrado) em Agricultura Tropical e Subtropical, área de Concentração de Tecnologia da Produção Agrícola, IAC

³Engenheiro Agrônomo, PqC VI CEB - CIIAGRO/IAC - Bolsista do CNPq.

⁴Engenheiros Agrônomos, Pesquisadores Científicos - IAC.

A temperatura do ar é a principal causa de variação do número de dias do ciclo vegetativo do milho. Dessa forma, a duração dos subperíodos emergência-floração e floração-maturação tem sido bastante estudada. (GILMORE & ROGERS, 1958), BRUNINI *et al.* (1995).

Diversos autores têm se valido da soma de graus-dia para relacionar o desenvolvimento das plantas com a temperatura ambiente (BRUNINI *et al.*, 1976; ALVES *et al.*, 2000; BARBANO *et al.* 2000; WUTKE *et al.*, 2000), porém, são muito escassos os estudos dessa natureza para a cultura do milho pipoca, nas condições brasileiras.

O milho pipoca possui grãos pequenos e duros que, sob a ação do calor originam a pipoca, sendo que o pipocamento constitui a diferença básica entre o milho pipoca e as demais espécies pertencentes à espécie *Zea mays* L. (ZINSLY & MACHADO, 1987). O rendimento máximo ocorre quando a diferenciação da gema floral e o florescimento ocorrem sob condições climáticas que satisfaçam as exigências da cultura (VIEGAS & PEETEM, 1987). Dessa forma, o máximo aproveitamento das disponibilidades climáticas em determinada região pode ser obtido realizando-se a semeadura em datas que proporcionem a coincidência dos períodos críticos da cultura com aqueles onde as restrições não são relevantes ou impeditivas.

O método de graus-dia baseia-se na premissa de que as plantas para completarem cada subperíodo do desenvolvimento, necessitam de um somatório térmico, acumulado dentro de um limite de temperatura-base relacionada para cada vegetal, abaixo da qual os processos metabólicos estabilizam-se ou paralisam. Pressupõe ainda, uma relação linear entre acréscimo de temperatura e desenvolvimento vegetal (CHANG, 1968; BRUNINI *et al.*, 1976). Para a cultura do milho, Hesketh & Warrington (1989), citados por GUISTEM *et al.* (2001), afirmam que a taxa de alongação da folha desta granífera responde linear-

mente à temperatura do ar, acumulada por meio da soma térmica.

O método de graus-dia é um parâmetro de extrema relevância no processo de otimização e redução de riscos climáticos, uma vez que o conhecimento das exigências térmicas de uma cultura contribui para a previsão da duração do ciclo da planta em função dos fatores ambientais.

O objetivo do presente trabalho foi determinar para três cultivares de milho pipoca, a temperatura-base e as somas térmicas necessárias para completar o subperíodo emergência-florescimento masculino, dando suporte à adequação das datas mais prováveis de sua semeadura.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado com base nos dados fenológicos obtidos nos ensaios de épocas de semeadura de três cultivares de milho pipoca: Zélia, IAC 112 e IAC TC 01, conduzidos no Instituto Agrônomo de Campinas da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Estes ensaios foram desenvolvidos nos municípios de Adamantina, Campinas, Capão Bonito e Mococa. As coordenadas geográficas para cada localidade e as respectivas safras avaliadas estão listadas na Tabela 1.

Os dados fenológicos coletados foram as datas de emergência e florescimento masculino assumidas como aquelas em que houve ocorrência de 50% do estágio observado. As temperaturas máximas e mínimas diárias, relativas ao período analisado, foram obtidas em Postos Meteorológicos instalados próximos aos campos experimentais. Os ensaios foram conduzidos sob irrigação suplementar, desconsiderando-se, portanto, uma possível influência da deficiência hídrica do solo na duração do subperíodo em estudo.

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos locais e safras avaliadas onde foram instalados os ensaios regionais de cultivo do milho pipoca no Estado de São Paulo.

| Local | Latitude (S) | Longitude (W) | Altitude (m) | Safras Avaliadas |
|--------------|--------------|---------------|--------------|---|
| Adamantina | 21°41' | 51°05' | 443 | outubro de 1998 |
| Campinas | 22°54' | 47°05' | 669 | novembro de 1996, 1998, 1999 e 2000 |
| Capão Bonito | 24°00' | 48°22' | 702 | novembro de 1996 e 1998, novembro dezembro e janeiro de 1999, e outubro de 2000 |
| Mococa | 21°28' | 47°01' | 665 | novembro de 1998 e 1999, agosto de 1999, e janeiro de 1999 |

A temperatura-base foi determinada no subperíodo emergência-florescimento masculino, utilizando-se os métodos do desvio-padrão e o da razão de desenvolvimento.

Pelo método do desvio-padrão calculou-se a temperatura-base usando a seguinte expressão proposta por ARNOLD (1959):

$$Sd = Sdd/T_m - T_b \quad (1)$$

em que Sd é o desvio-padrão em dias, Sdd o desvio-padrão em graus-dia para toda a série de cultivo, T_m a temperatura média para toda a série de cultivo obtida a partir da temperatura máxima e temperatura mínima, e T_b a temperatura-base.

A temperatura-base pré-estipulada que corresponder ao menor valor de desvio-padrão em dias (Sd), resulta na temperatura-base da cultura.

O método da razão de desenvolvimento relaciona a temperatura do ar de um subperíodo específico com o desenvolvimento relativo da cultura, utilizando-se a expressão (ARNOLD, 1959):

$$R_D = 100/N \quad (2)$$

sendo R_D o desenvolvimento relativo à temperatura média do ar, 100 um valor arbitrário de desenvolvimento e N o número de dias de duração do subperíodo a ser considerado.

A relação entre o desenvolvimento relativo da cultura e a temperatura do ar é obtida por meio da regressão linear simples. O prolongamento da reta até o eixo das abcissas com razão de desenvolvimento nulo, é indicativo do valor da temperatura-base.

Em ambos os métodos, a soma de graus-dia necessários para a cultura completar o subperíodo emergência-florescimento masculino, foi calculado utilizando-se a expressão (ARNOLD, 1959):

$$G.D. = N (T_i - T_b) \quad (3)$$

em que G.D. corresponde à soma térmica necessária para a finalização do subperíodo estudado, N o número de dias do subperíodo, T_i a temperatura média do ar determinada a partir da temperatura máxima e temperatura mínima, e T_b a temperatura-base do subperíodo analisado.

Resultados e Discussão

As variações de temperatura-base obtidas pelo método do desvio-padrão para as cultivares Zélia, IAC

112 e IAC TC 01, no subperíodo emergência-florescimento masculino foram de 7,0°C a 8,0°C (Figura 1), e pelo método da razão de desenvolvimento de 7,5°C a 8,1°C (Figura 2).

Por assumirem o conceito de linearidade entre desenvolvimento vegetal e temperatura do ar, os valores de temperatura-base foram bastante próximos, para um mesmo subperíodo em uma mesma cultivar, concordando com os resultados obtidos por BRUNINI et al. (1995) e OLIVEIRA (1990), para a cultura do milho comum.

A aproximação dos valores obtidos para os diferentes cultivares, em ambos os métodos, revela a possibilidade de utilização para cálculo da variação da temperatura-base.

Na Tabela 2 tem-se a soma térmica acumulada no subperíodo emergência-florescimento masculino, cultivares Zélia, IAC 112 e IAC TC 01. Para estes cálculos, adotou-se a média das temperaturas-base obtidas pelos métodos do desvio-padrão e o da razão de desenvolvimento, correspondendo a 7,7°C, cujo valor aproxima-se de 8,0°C, índice calculado por BRUNINI et al. (1995) e BARBANO et al. (2000) para variedades e híbridos de milho comum.

Para as três cultivares estudadas, os valores de soma de graus-dia acumulados acima da temperatura-base de 7,7°C, para o subperíodo emergência-florescimento masculino, foi em média de 783,12 unidades térmicas com um desvio padrão de 16,7 graus-dia, totalizando um intervalo médio de 51 dias para completar o subperíodo analisado.

Os valores obtidos de soma de graus-dias para o subperíodo emergência-florescimento masculino estão de acordo com aqueles apresentados por FANCELLI & DOURADO NETO (1997), índice inferior a 830 unidades térmicas para híbridos de ciclo superprecoce, podendo ser indicativo de um melhor desempenho dessas cultivares de milho pipoca em condições de diminuição de temperatura ambiente no subperíodo acima especificado.

Conclusões

Os resultados obtidos possibilitam concluir que:

- os métodos do desvio padrão e da razão de desenvolvimento podem ser utilizados para os cálculos de temperatura-base e da soma térmica para a cultura do milho pipoca

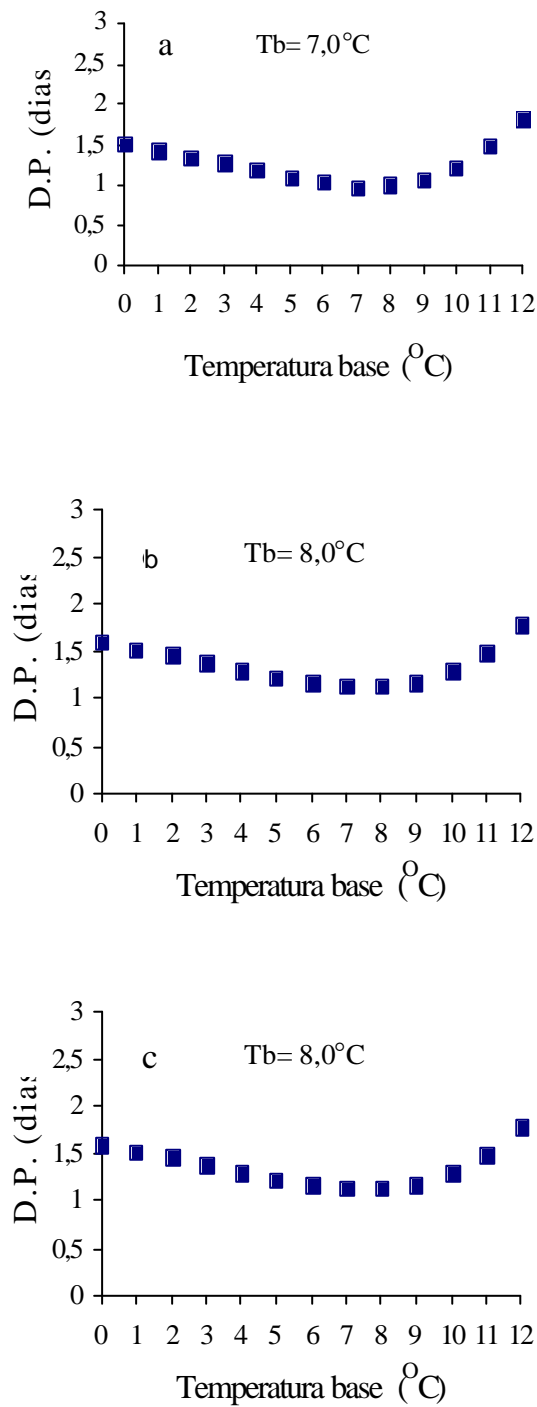


Figura 1 Temperatura base (°C) do subperíodo emergência-florescimento masculino de cultivares de milho pipoca, pelo método do desvio-padrão (D.P.) (a= cultivar Zélia; b= cultivar IAC 112; c= cultivar IAC TC 01).

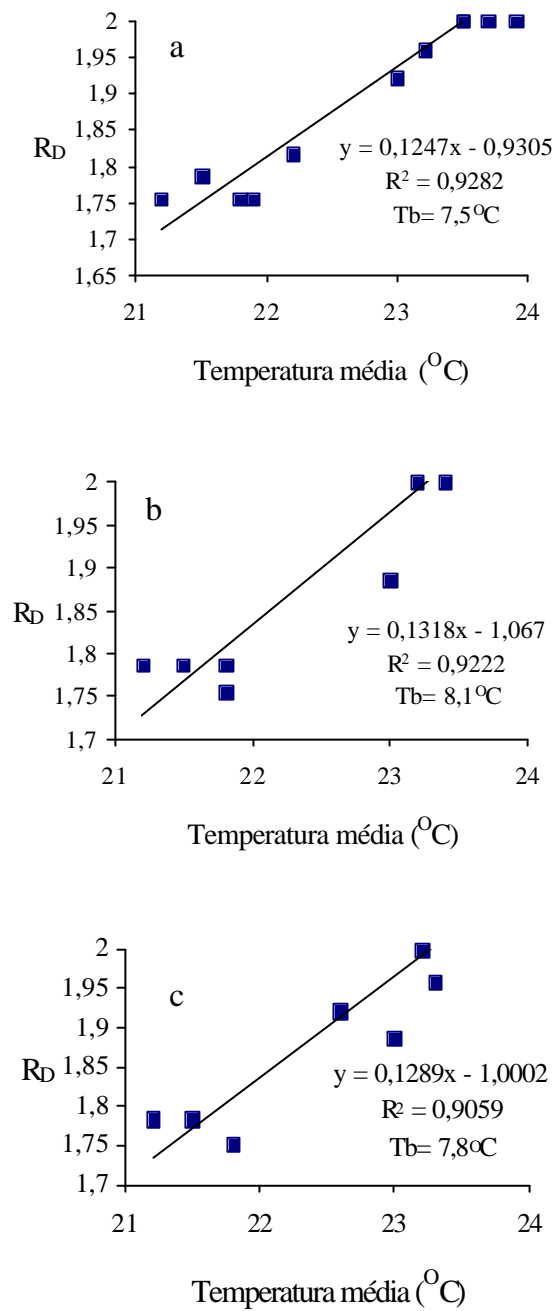


Figura 2. Temperatura base (°C) do subperíodo emergência-florescimento masculino de cultivares de milho pipoca, pelo método da razão de desenvolvimento (R_D) (a= cultivar Zélia; b= cultivar IAC 112; c= cultivar IAC TC 01).

Tabela 2. Soma térmica no subperíodo emergência-florescimento masculino para as cultivares Zélia, IAC 112 e IAC TC 01 no Estado de São Paulo.

| Cultivar | Local | Safra das águas | Temperatura média (°C) | Duração do subperíodo (em dias) | Soma Térmica* | |
|--------------|---------------|-----------------|------------------------|---------------------------------|---------------|--------|
| Zélia | Campinas | 2000 | 23,7 | 50 | 800 | |
| | Campinas | 2001 | 23,9 | 48 | 777,6 | |
| | Campinas | 1997 | 23,5 | 50 | 790 | |
| | Campinas | 1997 | 23,5 | 50 | 790 | |
| | Capão Bonito | 2000 | 23 | 52 | 795,6 | |
| | Capão Bonito | 2001 | 21,2 | 57 | 769,5 | |
| | Capão Bonito | 1999 | 23,2 | 51 | 790,5 | |
| | Capão Bonito | 1997 | 21,8 | 57 | 803,7 | |
| | Capão Bonito | 1998 | 21,5 | 56 | 772,8 | |
| | Capão Bonito | 1997 | 21,9 | 57 | 809,4 | |
| | Adamantina | 1998 | 23,9 | 50 | 810 | |
| | Mococa | 2000 | 24,2 | 48 | 792 | |
| | Mococa | 1999 | 24,6 | 47 | 794,3 | |
| | Mococa | 1999 | 22,2 | 55 | 797,5 | |
| | Mococa | 1999 | 23,8 | 47 | 756,7 | |
| | IAC 112 | Campinas | 2000 | 23,6 | 49 | 779,1 |
| Campinas | | 2001 | 23,9 | 49 | 793,8 | |
| Campinas | | 1997 | 23,4 | 50 | 785 | |
| Campinas | | 1998 | 23,5 | 48 | 758,4 | |
| Capão Bonito | | 2000 | 23 | 53 | 810,9 | |
| Capão Bonito | | 2001 | 21,2 | 56 | 756 | |
| Capão Bonito | | 1999 | 23,2 | 50 | 775 | |
| Capão Bonito | | 1997 | 21,8 | 56 | 789,6 | |
| Capão Bonito | | 1998 | 21,5 | 56 | 772,8 | |
| Adamantina | | 1998 | 23,6 | 48 | 763,2 | |
| Mococa | | 2000 | 24,2 | 47 | 775,5 | |
| Mococa | | 1999 | 24,4 | 46 | 768,2 | |
| Mococa | | 1999 | 21,8 | 57 | 803,7 | |
| IAC TC 01 | | Campinas | 2000 | 23,6 | 49 | 779,1 |
| | | Campinas | 2001 | 23,9 | 49 | 793,8 |
| | | Campinas | 1998 | 23,5 | 48 | 758,4 |
| | Capão Bonito | 2000 | 23 | 53 | 810,9 | |
| | Capão Bonito | 2001 | 21,2 | 56 | 756 | |
| | Capão Bonito | 1999 | 23,2 | 50 | 775 | |
| | Capão Bonito | 2000 | 22,6 | 52 | 774,8 | |
| | Capão Bonito | 1999 | 23,3 | 51 | 795,6 | |
| | Capão Bonito | 1998 | 21,5 | 56 | 772,8 | |
| | Adamantina | 1998 | 23,6 | 48 | 763,2 | |
| | Mococa | 2000 | 24,2 | 47 | 775,5 | |
| | Mococa | 1999 | 24,4 | 46 | 768,2 | |
| | Mococa | 1999 | 21,8 | 57 | 803,7 | |
| | Média | | | | 51 | 783,12 |
| | Desvio Padrão | | | | | 16,712 |
| | C.V. (%) | | | | | 2,1 |

(*): com $T_b = 7,7^\circ\text{C}$ para o subperíodo emergência-florescimento masculino.

- A temperatura base do milho pipoca, determinada pelos métodos do desvio-padrão e razão de desenvolvimento, varia de 7,0 a 8,1°C para o subperíodo emergência-floração

Referências bibliográficas

- ALVES, V.C. et al. Exigências térmicas do arroz irrigado “ IAC 4440”. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 171-174, 2000.
- ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 74, p. 430-445, 1959.
- BARBANO, M.T. et al. Acúmulo térmico e duração do subperíodo sementeira-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 23., Uberlândia, 2000. **Resumos...**, Uberlândia: ABMS/UFU/EMBRAPA Milho e Sorgo, 2000. 6 p. (CD-Rom) .
- BARBANO et al. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo sementeira-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 261-268, 2001.
- BRUNINI, O. et al. Temperatura base para alface “ Withe Boston”, em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 85, n. 19, p. 214-219, 1976.
- BRUNINI, O. et al. Determinação das Exigências Térmicas e Hídricas de Cultivares de Milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA” 3. Assis, SP. 1995. **Resumos...**, Campinas: Instituto Agrônômico, 1995, p. 141-145.
- CHANG, J.H. **Climate and agriculture-na ecology survey**. Chicago: Aldine Publishing Company, 1968, 304 p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE MILHO, 1., Piracicaba, 1997. **Trabalhos Apresentados...**, Piracicaba: Esalq/USP, Departamento de Agricultura, 1997. p. 157-170.
- GILMORE, E. C.; ROGERS, J.S. Jheat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, n. 10, p. 611-615, 1958.
- GUISCHEM, J.M. et al. Crescimento e desenvolvimento da cultura do milho (*zea mays*, L.) em sementeira tardia e sua relação com graus-dia e radiação solar global. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 251-260, 2001.
- OLIVEIRA, M.D.X. **Comportamento da cultura de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de sementeira nas regiões centro e norte de Mato Grosso do Sul**. Lavras: ESAL, 1990. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL. 1990.
- VIÉGAS, G.P., PEETEM, H. Sistema de produção. In: PATERNIANI, E., VIÉGAS, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargil, v. 2, p. 453-538, 1987.
- ZINSLY, R.J.; MACHADO, J.A. Milho pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, v. 2, p. 411-421, 1987.
- WUTKE, E.B.; BRUNINI, O.; BARBANO, M.T. Estimativa de temperatura-base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-61, 2000.