

ISSN 0104-1347

Contribuição relativa da temperatura do ar no desenvolvimento de três cultivares de soja¹

Relative contribution of air temperature in the development of three soybean cultivars

Edgar Ricardo Schöffel² e Clovis Alberto Volpe³

Resumo – Foi avaliada a influência da época de semeadura nas exigências térmicas de três cultivares de soja para o subperíodo semeadura-maturação, em diferentes condições hídricas, para verificar a possibilidade de melhoria da previsão do ciclo das cultivares de soja 'IAC 20', 'IAC8-2' e 'Dourados'. Observou-se que as exigências térmicas da 'IAC 20' e da 'Dourados' foram idênticas e que, para as três cultivares, essas tendem a diminuir com o adiamento da semeadura de setembro a dezembro. Conseqüentemente, a duração do subperíodo semeadura-maturação, tanto em dias como em graus-dia (GD) acumulado, não apresentou regularidade entre as épocas de cultivo, apresentando valores altos de desvio padrão para as três cultivares, não permitindo a determinação de uma constante térmica para cada cultivar. As taxas de desenvolvimento dos subperíodos semeadura-início da floração e início da floração-maturação de cada cultivar foram diferentemente influenciadas pela temperatura e pelo comprimento do dia com indução fotoperiódica.

Palavras-chave: graus-dia, temperatura, soma térmica, taxa de desenvolvimento

Abstract – The influence of the sowing date on the temperature requirements for the sowing-maturity phase was evaluated, in order to investigate the possibility of the improvement of the cycle prediction of 'IAC 20', 'IAC 8-2', and 'Dourados' soybean cultivars. It was observed that 'IAC 20' and 'Dourados' have similar thermal time and, for the three cultivars, thermal time decreased with the delay of sowing from September to December. Consequently, the duration of the sowing-maturity phase, either in days or accumulated degree days, did not show regularity between seasons of sowing, with high standard deviation values for the three cultivars, not allowing determination of a constant thermal value for each cultivar. The rate of development of the sowing-flowering and flowering-maturation phases of each cultivar was differently influenced by the temperature and photoperiod.

Key words: degree days, temperature, thermal summation, rate of development

Introdução

A temperatura influi diretamente em todas os subperíodos de desenvolvimento da soja, ou seja, nos processos de germinação, crescimento, floração e frutificação (LUCCHESI, 1987) e, ainda, sobre os processos vitais das plantas como, por exemplo, nos processos de reações químicas da respiração e da

fotossíntese e na absorção de água e de nutrientes (JONES, 1983; LUCCHESI, 1987).

O crescimento vegetativo da soja é pequeno, ou nulo, em temperaturas menores ou iguais a 10°C, e temperaturas acima de 40°C terá efeito adverso na taxa de crescimento, provocando abortamento de flores, durante a floração, e diminuição da capacidade de retenção dos legumes (EMBRAPA, 1998). A

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor defendida junto ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da FCAV/UNESP. Trabalho financiado pela FAPESP.

²Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador em agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP. Bolsista de Pós-doutorado da FAPESP. Jaboticabal (SP), 14884-900. E-mail: schoffel@fcav.unesp.br

³Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP, 14884-900, Jaboticabal (SP).

floração atrasa quando a temperatura permanece inferior a 23°C (MOTA, 1983), e não ocorre sob temperaturas inferiores a 13°C (EMBRAPA, 1998). Temperaturas baixas no período de maturação da soja, associada a alta umidade, podem provocar atraso na data de colheita, bem como ocorrência de retenção foliar (EMBRAPA, 1998). Na ausência de pronunciado estresse por déficit hídrico, KANE et al. (1997) acreditam que a temperatura do ar seja o fator ambiental chave condicionando a produtividade.

Em experimentos realizados em ambiente controlado, em câmaras de crescimento, BROWN (1960) constatou ser 10°C a temperatura inicial para o crescimento da soja, ou o chamado zero vital, que a temperatura ótima estaria entre 25 a 30°C, e que acima de 31°C o crescimento declinava. Para PASCALE (1969) o crescimento vegetativo da soja inicia quando a temperatura média do ar supera 15°C.

Um dos métodos mais utilizados para relacionar o grau de desenvolvimento de uma cultura com a temperatura do ar é o método dos graus-dia, que se baseia na premissa de que uma cultura necessita de uma determinada soma térmica acima de uma temperatura-base para completar um subperíodo ou o seu ciclo total (BERLATO, 1981; CAMARGO et al., 1987); no entanto, devido a influência do fotoperíodo, este método não explica suficientemente o desenvolvimento da soja. Segundo BERLATO (1981), o método dos graus-dia tem sido usado para quantificar as disponibilidades térmicas regionais durante a estação de crescimento da soja.

Para determinar a temperatura-base de desenvolvimento de quatro cultivares de soja, com diferentes escalas de maturação, CAMARGO et al. (1987) conduziram experimentos, durante três anos e em três locais do Estado de São Paulo. Nesse estudo, a temperatura-base (tb) obtida foi de 14°C para todo o ciclo de desenvolvimento, e que esta tb foi a mesma para as quatro cultivares. Com isso, os autores determinaram as exigências térmicas das cultivares, para completar o ciclo de desenvolvimento, através do método de graus-dia (GD), para a previsão da maturação. Para as diferentes cultivares e épocas de semeadura, os GD oscilaram entre 1.030 e 1.336.

Estudos realizados em ambiente controlado, por HADLEY et al. (1984), e a campo, por MAYERS et al. (1991a), mostram que a taxa de desenvolvimento da cultivar 'Fiskeby' para atingir o início da floração, foi linearmente relacionada com a temperatura média do período. Além disso, MAYERS et al. (1991a) rela-

tam que para genótipos de soja de várias sensibilidades ao fotoperíodo, equações de regressão linear simples relacionando a taxa de desenvolvimento e o fotoperíodo e a variável temperatura (máxima e mínima), explicaram adequadamente as amplas diferenças na duração do subperíodo vegetativo mas não suficientemente a duração do subperíodo reprodutivo, indicando que outros fatores além do regime fototérmico estão envolvidos nesse processo (MAYERS et al., 1991b).

Os efeitos da temperatura sobre o desenvolvimento e adaptação de genótipos de soja, ainda não estão claramente definidos (MAYERS et al., 1991a). Geralmente, temperaturas altas aceleram o desenvolvimento, embora temperaturas muito altas possam ser superiores à temperatura ótima e o desenvolvimento ser lento. Interações complexas entre cultivar x fotoperíodo x temperatura são freqüentemente pesquisadas. No entanto, Roberts & Summerfield, citados por MAYERS et al. (1991a), sugerem que muitas dessas interações podem surgir porque a temperatura pode, em parte, modular o fotoperíodo crítico.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência da semeadura nas exigências térmicas de três cultivares de soja para o subperíodo semeadura-maturação, em diferentes condições hídricas, e de verificar a melhoria da previsão do ciclo com a introdução do graus-dia em substituição a dias, e da temperatura do ar e do comprimento do dia com indução fotoperiódica em substituição a taxa de desenvolvimento diário.

Material e métodos

Foram conduzidos, simultaneamente, de setembro de 1998 a abril de 1999, dois experimentos, um irrigado e outro não irrigado, em uma área experimental localizada na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal (21°15'22"S, 48°18'58"W e altitude média de 595m). Cada subparcela foi constituída por 10 linhas de cultivo de 6,0m de comprimento, espaçadas a 0,40m e semeadas na densidade de 400.000 plantas ha⁻¹.

No experimento irrigado foi utilizado um sistema de aspersão fixa, em que o monitoramento da lâmina de água aplicada foi realizado com base no manejo climatológico da irrigação (VILLA NOVA &

SCARDUA, 1984), com o cálculo da evapotranspiração de referência (ET₀), estimada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, conforme descrito em SCHÖFFEL (2001); e em seguida foi multiplicada pelo coeficiente de cultura (k_c), proposto por DOORENBOS & KASSAM (1979), para a obtenção da evapotranspiração máxima da cultura (ETM). Considerou-se a capacidade de água disponível (CAD), a água disponível efetiva (ADE), e o armazenamento crítico de água no solo. À exceção do fornecimento complementar de água, os demais tratamentos culturais, foram rigorosamente os mesmos nos dois experimentos.

As datas das semeaduras foram: época 1 (25/09/1998); época 2 (09/10/1998); época 3 (23/10/1998); época 4 (06/11/1998); época 5 (19/11/1998); época 6 (03/12/1998) e época 7 (17/12/1998). Foram utilizadas três cultivares de soja: 'IAC 20', que na região de Jaboticabal, SP, apresenta ciclo de maturação precoce, 'Dourados' e 'IAC 8-2', ambas de ciclo de maturação médio.

Diariamente, foram realizadas observações visuais considerando todas as plantas de cada subparcela experimental, registrando-se cada mudança de estágio de desenvolvimento fenológico. A identificação e determinação dos estágios de desenvolvimento foi caracterizada seguindo a metodologia proposta por COSTA & MARCHEZAN (1982).

As medições da temperatura do ar (°C) e da chuva (mm) foram obtidas por termistor Vaisala (modelo HMP35E) e por pluviômetro (modelo TE525, Texas Electronics), respectivamente, instalados na área experimental. Esses equipamentos estavam ligados a um sistema de aquisição de dados programado para efetuar medição a cada segundo e para armazenar a média (temperatura) e a totalização (chuva) do intervalo a cada 10 minutos.

Para o cálculo das exigências térmicas durante o ciclo da cultura foi utilizado o método do graus-dia, considerando-se como temperatura base inferior (t_b), das três cultivares de soja, aquela estabelecida por CAMARGO et al. (1987), que correspondeu a temperatura de 14°C. Para cada cultivar e época de cultivo, o somatório dos graus-dia (GD), da semeadura (i) até a maturação fisiológica (n), foi calculado pela expressão, adaptada de JONES (1983):

$$GD = \sum_i^n \left[\left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) - t_b \right] \quad (1)$$

para $T_{\max} \leq 32^\circ\text{C}$. Onde: T_{\max} é a temperatura máxima diária do ar (°C), e T_{\min} é a temperatura mínima diária do ar (°C). Quando $T_{\max} > 32^\circ\text{C}$ fixou-se o valor máximo em 32°C .

Para a taxa de desenvolvimento do ciclo total e de dois subperíodos do desenvolvimento (semeadura-início da floração e início da floração-maturação fisiológica) das três cultivares, considerou-se o inverso do número de dias do período (1/d) como sendo a taxa de desenvolvimento diário. Posteriormente, foram determinadas regressões lineares simples e múltiplas dos dados para a determinação da taxa de desenvolvimento usada como variável dependente e como variáveis independentes a temperatura média do período (°C), a temperatura mínima média do período (°C), a temperatura máxima média do período (°C) e o comprimento médio do dia com indução fotoperiódica (N_i), em horas, do período.

Determinou-se o comprimento do dia com indução fotoperiódica (JONES, 1983), acrescentando-se 60 minutos, nos crepúsculos do nascer (30 minutos) e do pôr do sol (30 minutos), no comprimento do dia (N), em horas, que foi calculado para cada dia por:

$$N = 2/15 \text{ arc cos}[-\text{tg}(\varphi) \cdot \text{tg}(\delta)] \quad (2)$$

$$\delta = 23,45^\circ \text{ sen}[(284+J)] \quad (3)$$

onde: δ é a declinação diária do sol, φ é a latitude do local em graus (-) e J é o dia juliano.

O método de graus-dia foi comparado com os dias do calendário através do coeficiente de variação (CV). As relações de paralelismo e coincidência entre as curvas de exigências térmicas para cada cultivar, foram testadas com o emprego do programa Estat (Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP-Campus de Jaboticabal). Já as análises de regressão e de correlações foram efetuadas pelo programa Statistica, versão 5.0, selecionando-se as equações de regressão com os maiores coeficientes de determinação (R²).

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico, os dados foram agrupados por intervalos de 5 dias, a partir de 26 de setembro de 1998 até 20 de abril de 1999, considerando-se a capacidade de água disponível (CAD) de 50mm.

Resultados e discussão

De acordo com o balanço hídrico climatológico, representado na Figura 1, ocorreu déficit hídrico no

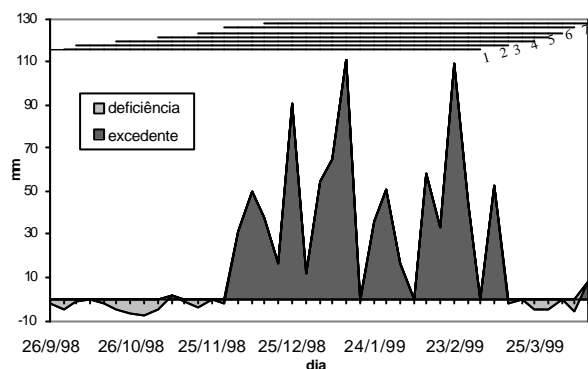


Figura 1. Balanço hídrico climatológico referente ao período de condução dos experimentos, para a capacidade de água disponível (CAD) no solo de 50 mm, em Jaboticabal, SP, no ano agrícola 1998/99. (— = época de cultivo).

experimento não irrigado apenas durante os meses de outubro e de novembro de 1998 e de março de 1999, mesmo assim, o déficit hídrico diário foi baixo, em torno de 1 mm. Por conseqüência, o déficit hídrico apresentado nesse experimento não foi suficiente para causar diferenças quanto ao desenvolvimento fenológico das plantas em comparação ao experimento irrigado. Assim, os resultados são apresentados e discutidos sem distinção por experimento.

A Tabela 1 apresenta os dados médios da temperatura do ar para os subperíodos de desenvolvimento Ve-R1, R1-R5 e R5-R7 das três cultivares de soja. Detecta-se que as temperaturas pouco variaram entre as épocas de semeadura, no entanto, houve alterações na disposição geral dos dados. Nas épocas 1 (25/09), 2 (09/10) e 3 (23/10), as temperaturas mínima e média, foram menores no subperíodo Ve-R1, aumentando gradualmente até o subperíodo R5-R7, para as três cultivares de soja. Na época 4 (06/11), as temperaturas mínima e média permaneceram, praticamente, constantes nos três subperíodos considerados. Por outro lado, nas épocas 5 (19/11), 6 (03/12) e 7 (17/12), verifica-se que ocorreu exatamente o contrário do observado para as épocas 1 (25/09), 2 (09/10) e 3 (23/10), ou seja, as temperaturas mínima e média decresceram do subperíodo Ve-R1 até o subperíodo R5-R7.

Esta variação da temperatura é coerente com o período do ano em que foi realizada esta pesquisa pois, a época 1 foi semeada no início da primavera, enquanto que a época 7, no final da primavera, quase início do

verão. Logo, é esperado que a temperatura aumente quando se aproxima do verão, em função da maior duração do dia e da maior irradiância solar nessa época do ano e como conseqüência do maior saldo de radiação o que resulta em maior calor sensível para aquecimento do ar. No final do verão, com o decréscimo da energia incidente, a energia disponível também decresce, decrescendo a temperatura do ar.

A temperatura máxima do ar não mostrou um padrão de desempenho como as temperaturas mínima e média, contudo, de modo geral, mostrou-se um tanto mais alta durante o subperíodo R1-R5 (Tabela 1).

A duração do ciclo de cada cultivar, desde a semeadura até a maturação fisiológica (R7), para os dois experimentos, está resumidamente apresentada na Tabela 2, uma vez que os experimentos não diferiram quanto ao ciclo. De modo geral, para as três cultivares, a semeadura nas três primeiras épocas ocasionou maior prolongamento do ciclo fenológico e, a partir da época 4, o atraso da semeadura provocou reduções contínuas na duração do ciclo. A precocidade para florescer, em função do atraso da semeadura é devido à maior sensibilidade das cultivares à redução do comprimento do dia. Isso demonstra a exigência da soja em Ni curto para atingir o subperíodo reprodutivo. Nota-se que a duração do subperíodo semeadura-maturação fisiológica não foi estável e que por isso, mesmo apresentando valores de coeficiente de variação (CV) razoáveis, o desvio padrão foi alto para as três cultivares, conseqüentemente, qualquer expectativa de estimá-la, precisamente, em dias, torna-se desaconselhável.

As cultivares 'IAC 20' e 'Dourados' apresentaram menor influência da época de semeadura quanto ao acúmulo térmico observado durante o ciclo, com menores valores de coeficiente de variação (CV) quando comparados com os valores obtidos pela 'IAC8-2' (Tabela 3). De qualquer forma, ainda, na Tabela 3, observa-se a grande variabilidade no acúmulo de graus-dia entre as épocas de semeadura, onde na época 1 esse acúmulo foi de 1.451,9; 1.451,9 e 1.597,8GD, e na época 7 foi de 1.210,9; 1.212,0 e 1.214,5GD, com valores médios nas sete épocas de cultivo de 1.355,0; 1.369,7 e 1.418,8GD, para a 'IAC 20', a 'Dourados' e a 'IAC 8-2', respectivamente. Isso indica, evidentemente, que não é possível atribuir à constante térmica de cada cultivar estudada, sem considerar a época de ocorrência da semeadura. Essa influência da época de semeadura sobre o acúmulo térmico, mostra que outros fatores ambientais, como

Tabela 1. Temperatura média do ar para os subperíodos de desenvolvimento Ve-R1, R1-R5 e R5-R7 das três cultivares de soja, em sete épocas de semeadura. Jaboticabal, SP, 1998/99.

	Temperatura mínima °C			Temperatura média °C			Temperatura máxima °C		
	Ve-R1	R1-R2	R5-R6	Ve-R1	R1-R2	R5-R6	Ve-R1	R1-R2	R5-R6
Época 1 (25/09/98)									
IAC 20	17,8	19,0	20,0	23,6	24,7	24,6	30,7	31,5	31,4
Dourados	17,8	19,0	20,0	23,6	24,7	24,6	30,8	31,5	31,4
IAC 8-2	17,6	20,0	20,1	23,7	24,5	24,9	30,9	30,7	32,4
Época 2 (09/10/98)									
IAC 20	17,5	19,5	20,3	23,6	24,7	24,8	30,7	31,3	31,9
Dourados	17,6	19,4	20,3	23,6	24,7	24,8	30,6	31,3	31,9
IAC 8-2	18,3	19,8	20,1	24,2	24,2	24,6	31,2	30,2	31,8
Época 3 (23/10/98)									
IAC 20	18,7	18,0	20,3	24,5	23,5	24,6	31,5	30,0	31,4
Dourados	18,7	18,0	20,3	24,5	23,5	24,6	31,5	30,0	31,4
IAC 8-2	18,6	20,3	20,0	24,3	24,1	24,5	31,2	30,0	31,5
Época 4 (06/11/98)									
IAC 20	19,1	20,2	20,0	24,8	24,5	24,4	31,7	30,8	31,4
Dourados	19,1	20,2	20,0	24,8	24,5	24,4	31,7	30,8	31,4
IAC 8-2	19,4	20,1	19,7	24,6	25,1	24,1	31,1	32,5	31,0
Época 5 (19/11/98)									
IAC 20	19,9	20,3	19,7	24,6	24,9	24,1	30,9	31,9	31,1
Dourados	19,9	20,3	19,5	24,6	24,9	24,1	30,9	31,9	31,2
IAC 8-2	19,9	20,3	19,3	24,6	24,9	23,9	30,9	32,2	30,9
Época 6 (03/12/98)									
IAC 20	19,9	20,2	19,4	24,3	25,3	24,0	30,4	32,9	30,9
Dourados	19,9	20,2	19,5	24,3	25,3	24,1	30,4	32,9	31,2
IAC 8-2	19,9	19,9	19,6	24,6	24,6	24,2	31,0	31,1	31,2
Época 7 (17/12/98)									
IAC 20	20,1	20,2	19,3	24,5	24,7	24,2	31,1	32,0	31,3
Dourados	20,2	20,1	19,0	24,5	24,7	24,1	31,0	32,1	31,2
IAC 8-2	20,2	19,9	19,2	24,5	24,4	24,4	31,1	31,5	31,6

o comprimento do dia com indução fotoperiódica, por exemplo, interferem na acumulação térmica durante o ciclo fenológico, como argumentaram CAMARGO et al. (1987).

Os valores de GD acumulados apresentados na Tabela 3 estão em concordância com os resultados obtidos por CAMARGO et al. (1987) para semeaduras realizadas de outubro a dezembro, durante três anos, em Ribeirão Preto (SP), nas quais os autores observaram que os GD acumulados da cultivar 'Viçosa', de ciclo semi-precoce, oscilaram entre 1.546 GD, para semeadura em 16/10, e 1.007 GD, para semeadura no dia 18/12, enquanto que para a 'Santa Rosa', de ciclo médio, os GD acumulados variaram

entre 1.565 (16/10) a 1.035 GD (18/12).

Os coeficientes de variação (CV) dos GD acumulados durante o ciclo (Tabela 3), em cada cultivar, foram semelhantes aos respectivos CVs da duração do ciclo em dias (Tabela 2), indicando que, também, as estimativas do ciclo a partir de dados do acúmulo de GD não são perfeitamente consolidadas.

Visando relacionar as exigências térmicas calculadas com a data da semeadura e encontrar uma equação de regressão que se ajuste aos dados de acúmulo de graus-dia de cada cultivar, foi construída a Figura 2. Pode-se observar que as exigências térmicas diminuem com o adiamento da época de semeadura, conforme relatam CAMARGO et al. (1987),

Tabela 2. Duração do ciclo, em dias, da semeadura até a maturação fisiológica, de três cultivares de soja, para sete épocas de semeadura. Jaboticabal, SP, 1998/99.

Época de semeadura	Cultivares de soja		
	IAC 20	Dourados	IAC 8-2
1 (25/09/98)	135	135	148
2 (09/10/98)	134	134	143
3 (23/10/98)	129	129	142
4 (06/11/98)	127	138	132
5 (19/11/98)	130	130	122
6 (03/12/98)	114	119	115
7 (17/12/98)	112	117	112
Média	125,86	128,86	130,57
Desvio padrão	9,23	8,03	14,44
CV (%)	7,33	6,23	11,06

diminuindo os graus-dia acumulados da época 1 para a época 7.

As equações obtidas por regressão possibilitaram confiáveis estimativas do acúmulo térmico exigido para cada época, nas três cultivares, conforme mostram os altos coeficientes de determinação (R^2), evidenciando que o acúmulo térmico está forte e inversamente correlacionado com a data de semeadura, que para estas circunstâncias foi considerada a partir do início da segunda quinzena do mês de setembro.

De acordo com a equação obtida, os graus-dias (GD) acumulados para a 'IAC 20' foram de 1.485GD,

Tabela 3 Graus-dia (GD) acumulados, da semeadura até a maturação fisiológica, para três cultivares de soja, nas sete épocas de semeadura. Jaboticabal, SP, 1998/99.

Época de semeadura	Cultivares de soja		
	IAC 20	Dourados	IAC 8-2
1 (25/09/98)	1.451,9	1.451,9	1.597,8
2 (09/10/98)	1.455,2	1.455,2	1.527,3
3 (23/10/98)	1.394,1	1.394,1	1.534,5
4 (06/11/98)	1.388,9	1.398,1	1.440,9
5 (19/11/98)	1.323,9	1.355,9	1.344,6
6 (03/12/98)	1.260,4	1.320,4	1.272,3
7 (17/12/98)	1.210,9	1.212,0	1.214,5
Média	1.355,03	1.369,68	1.418,84
Desvio padrão	93,81	84,61	145,14
CV	6,92	6,18	10,23

acima da temperatura-base inferior de 14°C, quando a semeadura ocorreu em 25 de setembro, reduzindo-se 3GD, aproximadamente, para cada dia de atraso em relação à esta data, conforme indica o coeficiente angular da respectiva equação (Figura 2a). Para esta mesma data o acúmulo de GD estimado para a 'Dourados' (Figura 2b) foi muito próximo ao estimado para a 'IAC 20', 1.483GD, diminuindo 2,66GD para cada dia de adiamento da semeadura, enquanto que a 'IAC 8-2' necessita acumular mais graus-dia, 1.623GD, com redução de quase 5GD para cada dia de atraso (Figura 2c). Isto demonstra que a 'IAC 8-2' é mais sensível à indução fotoperiódica do que as outras duas cultivares.

Os valores dos coeficientes lineares das equações de cada cultivar, foram maiores do que os obtidos por CAMARGO et al. (1987), que contabilizaram o acúmulo térmico a partir de 1º de setembro, para

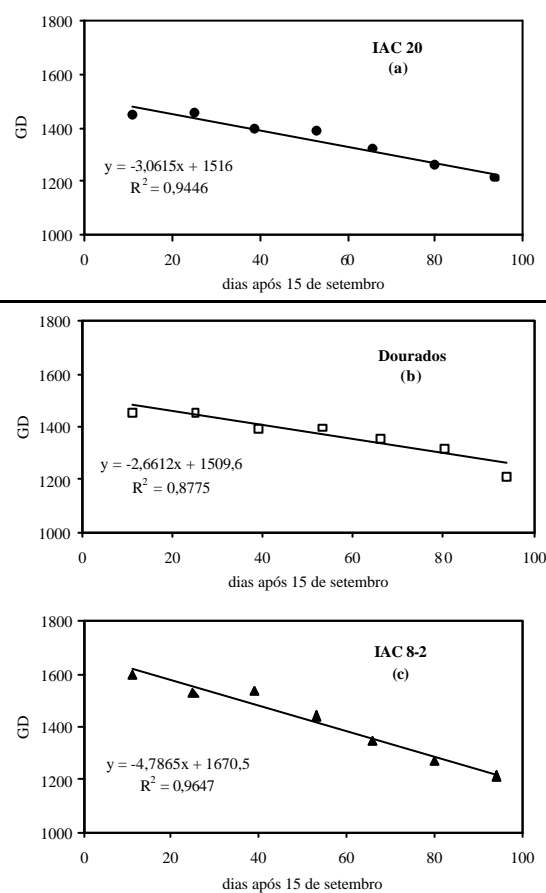


Figura 2. Graus-dia (GD) acumulados da semeadura até a maturação fisiológica da soja 'IAC 20' (a), 'Dourados' (b) e 'IAC 8-2' (c), nas sete épocas de semeadura. Jaboticabal, SP, 1998/99.

cultivares de soja de ciclo médio e semi-precoce, porém, os respectivos coeficientes angulares de cada equação, obtidos nesta pesquisa, foram menores. Isso demonstra que as cultivares utilizadas nesta pesquisa apresentaram menor influência da época de semeadura quando comparadas com as estudadas por CAMARGO et al. (1987).

Procurando avaliar se as exigências térmicas das três cultivares poderiam ser caracterizadas por uma única curva, aplicaram-se os testes F e t a 5% e a 1% de significância. Nesses testes, confirmou-se a existência tanto do paralelismo como da coincidência entre as curvas ajustadas para 'IAC 20' e 'Dourados', mas não se verificou qualquer relação destas com a curva ajustada à 'IAC 8-2', conforme demonstra a Tabela 4. O teste de paralelismo indicou que os coeficientes angulares das equações das cultivares 'IAC 20' e 'Dourados', não diferiram significativamente pelo teste F demonstrando que estas duas cultivares apresentaram resposta idêntica ao fator época de semeadura. Além dos coeficientes angulares não diferirem, os coeficientes lineares, também, não apresentaram diferenças significativas, caracterizando a coincidência para estas equações. Dessa forma, todos os dados de GD acumulados para a 'IAC 20' e a 'Dourados' foram ajustados à uma única curva de ajuste, como mostra a Figura 3, obtendo-se uma equação com coeficientes intermediários aos obtidos individualmente para cada uma dessas cultivares. Esses resultados, no mínimo, recomendam maior cautela ao considerar estas duas cultivares como sendo de ciclo de maturação diferentes, como vem sendo praticado pelos extencionistas.

Visando a obtenção de melhores estimativas da duração do ciclo das três cultivares, foi realizada a análise de regressão múltipla para a taxa de

Tabela 4. Resultados do teste de coincidência e paralelismo entre as curvas de regressão das exigências térmicas das três cultivares de soja.

Curvas	Teste F	Teste t	Interpretação
1 ¹ x 2	0,72 ^{NS}	-0,72 ^{NS}	Coincidente e paralela
1 x 3	14,99 ^{**}	3,27 ^{**}	Não coincidente e não paralela
2 x 3	10,52 ^{**}	3,52 ^{**}	Não coincidente e não paralela

¹ curva 1: 'IAC 20'; curva 2: 'Dourados'; curva 3: 'IAC 8-2'.

^{NS} - não significativo.

^{**} - significativo (p < 0,01).

desenvolvimento diário da cultura com as variáveis meteorológicas temperatura máxima, média e mínima e o comprimento do dia com indução fotoperiódica (Ni). Na Tabela 5 são apresentadas as melhores equações ajustadas. No entanto, não foi obtida nenhuma equação que explicasse suficientemente a resposta da taxa de desenvolvimento para o ciclo total das cultivares e, também, nenhuma equação para a 'IAC 20' e a 'Dourados' até o início da floração, porém, para a 'IAC 8-2' a equação contendo a média da temperatura mínima do ar e o Ni médio em cada período, consegue explicar 97% das estimativas da duração da semeadura até o início da floração (Tabela 5).

Por outro lado, após o início da floração, a taxa de desenvolvimento só pôde ser ajustada para a 'IAC 20' e a 'Dourados', e em ambas as cultivares, as equações foram em função da temperatura média do período, demonstrando que esse subperíodo não foi caracterizado pela variação do Ni. É interessante observar que as equações ajustadas para o subperíodo posterior ao início da floração, explicam a taxa de desenvolvimento de duas cultivares em função da temperatura média e que esta variável apresentou contribuição negativa à taxa de desenvolvimento, ou seja, quando as temperaturas médias são superiores à 26,0 e à 26,5°C, para a 'IAC 20' e a 'Dourados', respectivamente, o desenvolvimento será nulo.

Esses resultados da taxa de desenvolvimento são comparáveis àqueles obtidos por MAYERS et al. (1991a) para o subperíodo vegetativo da soja e, ainda, segundo esses autores, os modelos com Ni e temperatura não explicaram a variação do local, ano e época de semeadura na taxa de desenvolvimento da soja depois do início da floração.

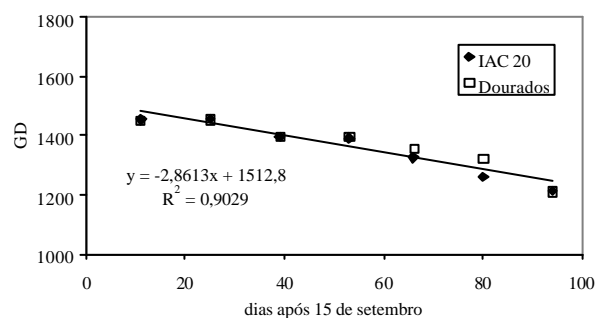


Figura 3. Graus-dia (GD) acumulados da semeadura até a maturação fisiológica para a 'IAC 20' e a 'Dourados', nas sete épocas de semeadura. Jaboticabal, SP, 1998/99.

Referências bibliográficas

- BERLATO, M.A. Exigências bioclimáticas e zoneamento agroclimático. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. p. 175-184.
- BROWN, O.M. Soybean ecology: I. Development temperature relationships from controlled studies. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, n. 9, p. 493-496, 1960.
- CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Temperatura-base para cálculo dos graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 115-121, 1987.
- COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30 p. (Boletim Técnico).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979, 193 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).
- EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil (1998/99)**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1998. 182 p. (Documentos, 120).
- HADLEY, P. et al. Effects of temperature and photoperiod on flowering in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill): a quantitative model. **Annals of Botany**, Londres, v. 53, p. 669-681, 1984.
- JONES, H.G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. 428 p.
- KANE, M.V.; STEELE, C.C.; GRABAU, L.J. Early-maturing soybean cropping system: I. Yield responses to planting date. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 454-458, 1997.
- LUCCHESI, A.A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P.R. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 1-11.
- MAYERS, J.D.; LAWN, R.J.; BYTH, D.E. Adaptation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to the dry season

Tabela 5. Equações para estimativa da taxa de desenvolvimento diário (Y) de três cultivares de soja, em função do comprimento do dia com indução fotoperiódica (Ni) médio do período, em horas, da temperaturas média (tmed) e mínima (tmin) do ar, ocorridas no período, em °C. Jaboticabal, SP, 1998/99.

Cultivar	Equação ajustada	R ²
IAC 8-2 ⁽¹⁾	$Y = 0,14281 + 0,00486 t_{min} - 0,01527 Ni$	0,97
IAC 20 ⁽²⁾	$Y = 0,2106 - 0,00805 t_{med}$	0,85
Dourados ⁽²⁾	$Y = 0,16616 - 0,006255 t_{med}$	0,89

⁽¹⁾ equação ajustada para o subperíodo da semeadura até o início da floração da soja.

⁽²⁾ equação ajustada para o início da floração (R1) até a maturação fisiológica da soja (R7).

of the tropics. I. Genotypic and environmental effects on phenology. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 42, p. 497-515, 1991a.

MAYERS, J.D.; LAWN, R.J.; BYTH, D.E. Adaptation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to the dry season of the tropics. II. Effects of genotype and environment on biomass and seed yield. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 42, p. 417-530, 1991b.

MOTA, F.S. Condições climáticas e produção de soja no sul do Brasil. In: VERNETTI, F.J. (Coord.). **Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. p. 91-126.

PASCALÉ, A.J. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina. **Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires**, Buenos Aires, v. 17, p. 31-48, 1969.

SCHÖFFEL, E.R. **Época de semeadura, fenologia, características fisiológicas e agronômicas de três cultivares de soja em Jaboticabal, SP**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2001, 145 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2001.

VILLA NOVA, N.A.; SCARDUA, R. **O uso do método climatológico na determinação de irrigação**. Campinas: SBA, 1984. 20 p. (Boletim Técnico, 2).

