

ISSN 0104-1347

Relação entre a soma térmica efetiva e o crescimento da soja¹

Relation between thermal time and soybean growth

Edgar Ricardo Schöffel² e Clovis Alberto Volpe³

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento da soja, representado pelo índice de área foliar (IAF) e pela produção de fitomassa (MS), em função da soma térmica, dada pelo índice biometeorológico graus-dia (GD), e a relação destes com a produtividade de três cultivares, em Jaboticabal, SP. Foram utilizadas as cultivares de soja: ‘Dourados’, ‘IAC 20’ e ‘IAC 8-2’, semeadas em cinco épocas, de outubro a dezembro de 1998, com três repetições. A evolução do IAF em função dos GD acumulados foi bem representada por curvas ajustadas com equações de terceiro grau, cujo os maiores índices foram obtidos pela ‘Dourados’. As taxas de conversão de GD em MS variaram ao longo do ciclo entre as cultivares e épocas de semeadura. As maiores eficiências de conversão de GD em MS foram obtidas nas épocas de semeadura em que registraram-se os maiores IAFs. No mês de novembro, observaram-se, para as três cultivares, as maiores eficiências de conversão de GD em MS e, em média, para as cinco épocas, essa eficiência foi de 0,57, 0,73 e 0,70 g m⁻² GD⁻¹ para a ‘IAC 20’, ‘Dourados’ e ‘IAC 8-2’, respectivamente. Obtiveram-se boas estimativas da produtividade de grãos de cada cultivar em função dos dados de GD e de MS, indicando a grande contribuição dessas duas variáveis na produtividade da soja.

Palavras-chave: graus-dia, massa seca, índice de área foliar, cultivares de soja, épocas de semeadura.

Abstract - This work aimed to evaluate soybean growth, represented either by the leaf area index (IAF) and dry matter production (MS), as a function of thermal time represented by degree days (GD), in Jaboticabal, State of São Paulo, Brazil. Two experiments were carried out, one irrigated and one rain fed, with three cultivars (‘Dourados’, ‘IAC 8-2’, ‘IAC 20’), in five sowing dates from October to December 1998, and three replications. Leaf area index as a function of accumulated GD was fitted to curves by a third-degree equation, which largest indexes obtained in ‘Dourados’. Conversion rates from GD into MS varied throughout the cycle among cultivars and sowing dates. Higher efficiency conversions from GD into MS were obtained for plants with the highest IAF. In November, it was observed for the three cultivars, the highest conversion efficiencies of GD into MS and, average of the five seasons, were 0.57, 0.73, 0.70 g m⁻² GD⁻¹ for ‘IAC 20’, ‘Dourados’, and ‘IAC 8-2’, respectively. Good yield estimates were obtained from each cultivar as a function of GD and MS, indicating a greater contribution of these two variables on soybean productivity.

Key words: degree day, dry matter, leaf area index, soybean cultivar, sowing date

Introdução

A máxima produtividade econômica fundamenta-se, basicamente, na perfeita integração entre a plan-

ta, o ambiente e o manejo utilizado. O manejo atua sobre o sistema planta-ambiente visando a melhor integração desse sistema como, por exemplo, a escolha da espécie ou cultivar melhor adaptada ao ambi-

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).

ente. O ambiente da produção deve ser conhecido quanto às suas potencialidades para suportar uma produção vegetal econômica, pois a máxima produtividade aliada ao menor custo de produção somente poderá ser atingida se forem proporcionadas às plantas, condições que as permitam expressar todo o seu potencial produtivo (CÂMARA & HEIFFIG, 2000). Com o crescimento da adoção do sistema de semeadura direta no País é importante que além da produtividade econômica as cultivares tenham, ainda, alta produtividade biológica para que os restos culturais proporcionem máxima cobertura do solo.

Na soja, a temperatura age sobre os processos de germinação, crescimento, floração, frutificação, nas reações químicas da respiração e da fotossíntese e, ainda, na absorção de água e de nutrientes. Dessa forma, a temperatura é uma das variáveis meteorológicas mais importantes afetando não apenas o acúmulo de fitomassa como, também, a duração dos vários estádios de desenvolvimento da espécie, uma vez que, para completar cada subperíodo de desenvolvimento, as plantas necessitam um determinado acúmulo térmico. Um dos índices biometeorológico mais utilizados para relacionar o grau de desenvolvimento de uma cultura com a temperatura do ar é o graus-dia (GD). O conceito de graus-dia considera que para completar uma determinada fase fenológica ou, inclusive, o seu ciclo total, a planta necessita acumular um determinado somatório térmico, a partir de uma temperatura-base favorável ao desenvolvimento, que por sua vez é variável com a espécie vegetal (BRUNINI et al., 1976; BERLATO, 1981).

A utilização de equações de regressão para representar a progressão do crescimento ao longo do ciclo, permite avaliar de forma mais precisa, variações no padrão de crescimento de plantas em relação a um atributo em função de tratamentos impostos ou variabilidade genética ou ambiental (BENINCASA, 1988). Estudos conduzidos por KMEC et al. (1998), em quatro localidades do norte de Dakota (EUA), com a cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries), cujos grãos são utilizados pela indústria de óleos, revelaram que o índice de área foliar (IAF) máximo ocorreu com 700GD a 850GD, dependendo do ano. Nesse mesmo trabalho, os autores observaram que a taxa de máximo acúmulo de fitomassa ocorreu entre 700GD e 900GD, variando consideravelmente entre os anos avaliados e, ainda, que a produtividade de grãos foi proporcional ao acúmulo térmico durante o tempo em que as plantas permaneceram com folhas

verdes: 2.380kg ha⁻¹ com o acúmulo de 1.187GD, 1.900kg ha⁻¹ com 1.010GD e de 1.170kg ha⁻¹ com 774GD.

Em Eldorado do Sul (30°05'22"S, 51°39'08"W, altitude de 40m), FRANÇA et al. (1999) demonstraram que as estimativas do IAF máximo de uma variedade de milho híbrido foram atingidas com 1.187GD em condições de plantas irrigadas, enquanto que em condições não irrigadas o IAF máximo só foi atingido com o acúmulo de 1.296GD e, mesmo assim, o valor obtido (3,4) foi inferior ao da condição irrigada (5,5). Dessa forma, além da deficiência hídrica ter reduzido o IAF, houve maior exigência térmica para a ocorrência do IAF máximo. Já a produção máxima de fitomassa foi de 28.662kg ha⁻¹ com 1.724GD acumulados em condições irrigadas, enquanto que em condições não irrigadas foi de 18.015kg ha⁻¹ com 1.861GD. Com esses resultados, para a cultura sem déficit hídrico, os autores concluíram que a produção de MS e de IAF podem ser estimadas a partir de modelos de relação com a temperatura média do ar através dos GD acumulados. Para o trigo, AUDE et al. (1994) não constataram variabilidade quanto a taxa de acúmulo de MS e quanto aos GD acumulados no período de enchimento de grãos (ântese-maturação fisiológica) em 25 cultivares estudados.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento da soja, representado pelo índice de área foliar (IAF) e pela produção de fitomassa (MS), em função da soma térmica, representada pelos graus-dia (GD), e a relação destes com a produtividade de três cultivares, em Jaboticabal, SP.

Material e métodos

O trabalho foi realizado 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). A área experimental, cujo o solo é um Latossolo Roxo eutrófico A moderado, foi subdividida para a realização de um experimento irrigado e outro não irrigado, onde cada experimento ocupou uma área de aproximadamente 2.000m².

Para cada experimento, o delineamento experimental utilizado foi 'split block', de blocos casualizados com parcelas subdivididas e faixas para os dois fatores (cultivar x época de semeadura), com

três repetições. Cada subparcela mediu 6,0m de comprimento por 4,0m de largura, contendo 10 linhas de cultivo espaçadas a 0,40m, com população final de aproximadamente 400.000 plantas ha⁻¹.

O preparo do solo, a semeadura e os demais tratamentos culturais, à exceção do fornecimento complementar de água, foram rigorosamente os mesmos, tanto no experimento irrigado quanto no experimento não irrigado. As semeaduras foram realizadas em cinco épocas, cujas datas foram: época 1 (23/10/1998); época 2 (06/11/1998); época 3 (19/11/1998); época 4 (03/12/1998) e época 5 (17/12/1998). Foram utilizadas as cultivares 'IAC 20', que na região de Jaboticabal, SP, apresenta ciclo de maturação precoce; 'Dourados' e 'IAC 8-2', ambas de ciclo de maturação médio, escolhidas considerando-se a resistência às principais doenças da espécie, como o cancro-da-haste e o nematóide de galha, e à adaptação para cultivo em área de renovação de canavial.

No experimento irrigado foi utilizado um sistema de aspersão fixa, em que a aplicação da lâmina de água foi realizada com base no manejo climatológico da irrigação (VILLA NOVA & SCARDUA, 1984), com o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o), 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. Considerou-se a capacidade de água disponível (CAD), a água disponível efetiva (ADE), e o armazenamento crítico de água no solo.

A evolução fenológica das plantas de cada subparcela experimental foi registrada, diariamente, seguindo a metodologia proposta por COSTA & MARCHEZAN (1982). Foram realizadas amostragens a intervalos de aproximadamente 14 dias para a determinação da área foliar e da fitomassa ou massa seca total da parte aérea (MS). Para isso, foram coletadas as plantas contidas em 0,16 m² de terreno (0,40m x 0,40m), de cada subparcela experimental. Para a medição de área foliar dessas plantas (em torno de seis plantas/subparcela e, conseqüentemente, totalizando 18 plantas/tratamento), foram separados os folíolos e estes medidos por um planímetro óptico modelo LI 3000A. Em seguida, reunidos por repetição (subparcela experimental), esses folíolos e o restante da parte aérea (caule, pecíolo, legumes e grãos) foram colocados em estufa de circulação de ar forçada, à temperatura de 70°C, até atingir massa cons-

tante para, então, ser determinada a fitomassa. Esses dados obtidos de área foliar e de fitomassa, representativos de 0,16m², foram convertidos para valores correspondentes à área de 1,0m² de terreno equivalendo, então, ao índice de área foliar (IAF) e a fitomassa da parte aérea (MS), respectivamente.

A chuva foi medida na área experimental por um pluviômetro (modelo TE525, Texas Electronics), instalado a 1,5m da superfície do solo, enquanto que, no mesmo local, a temperatura do ar foi medida por termistor (modelo HMP35C, Vaisala), instalado a 1,8m da superfície do solo, os quais estavam ligados a um sistema de aquisição de dados (modelo 21X, Campbell Scientific) 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 dos graus-dia durante o ciclo da cultura, considerou-se como temperatura base inferior (t_b), das três cultivares de soja, aquela estabelecida por CAMARGO et al. (1987), igual a 14°C. O somatório dos graus-dia (GD) desde a semeadura (i) até a maturação fisiológica (n) foi calculado pela expressão:

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

em que T_{max} é a temperatura máxima diária do ar (°C), e T_{min} a temperatura mínima diária do ar (°C). Fixou-se o valor máximo da temperatura em 32°C, pois altas temperaturas do ar têm efeito adverso na taxa de crescimento (BROWN, 1960), alterando a linearidade do modelo.

Os dados obtidos em cada experimento foram analisados, inicialmente, de forma individual. Posteriormente, visando a comparação entre os dois experimentos, procedeu-se a análise conjunta dos dados aplicando-se a análise da variância. Como consequência das chuvas ocorridas durante a condução da pesquisa, a análise conjunta não acusou diferenças mínimas significativas entre os dois experimentos para as variáveis analisadas, então, os dados dos dois experimentos foram reunidos sem distinção por experimento. A correspondência funcional entre os pares de dados foi testada através da análise de regressão, com a utilização de gráficos de dispersão dos dados e planilhas eletrônicas, selecionando-se as equações de regressão com os maiores coeficientes de determinação (R²). As análises de correlação foram

efetuadas com o auxílio do “software” Statistica, versão 5.0.

Resultados e discussão

A temperatura do ar, para todo o período considerado, apresentou valores médios diários entre 23,6 e 25,1°C. Já as chuvas ocorridas foram intensas e bem distribuídas (Figura 1), conseqüentemente, de acordo com o manejo climatológico da irrigação, durante todo período de condução da pesquisa houve a necessidade de acionar o sistema de irrigação apenas duas vezes, no final de outubro (9,1mm) e no início de novembro (37,6mm). Essas irrigações ocorreram quando as plantas da época 1 (23/10) estavam iniciando o crescimento vegetativo, as plantas da época 2 (06/11) acabavam de emergir e as demais épocas sequer haviam sido semeadas. Dessa forma, não foram observadas diferenças significativas entre os experimentos, irrigado e não irrigado, que justificassem outra forma de apresentação senão a apresentação e a discussão dos resultados sem distinção por experimento.

A Figura 2 (a, b e c) mostra a evolução do índice de área foliar (IAF) em função dos graus-dia (GD) acumulados durante cada ciclo das cultivares ‘IAC 20’, ‘Dourados’ e ‘IAC 8-2’. Como pode ser observado nessa figura, as curvas que melhor se ajustaram aos dados, através da análise de regressão, resultaram em equações de terceiro grau com altos coeficientes de determinação (R^2) indicando que as curvas obtidas explicam satisfatoriamente a evolução do IAF.

Para as três cultivares e para a maioria das épocas de semeadura, o IAF apresentou crescimento ini-

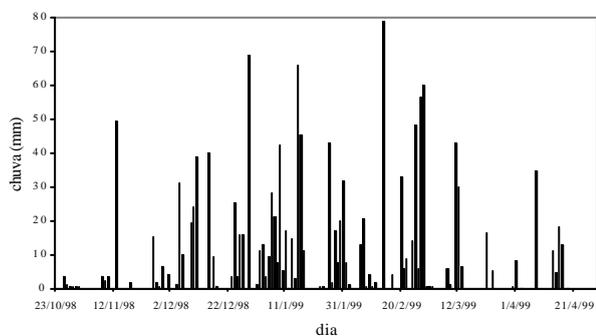


Figura 1. Distribuição das chuvas registradas durante a condução dos experimentos, em Jaboticabal, SP, entre outubro de 1998 e abril de 1999.

cial lento até aproximadamente 300GD acumulados e, em seguida, foi crescente até um máximo acúmulo de GD, passando por um intervalo de estabilização para, então, declinar devido a senescência das folhas. O IAF da cultivar ‘IAC 20’ (Figura 2a) foi crescente até acumular em torno de 800GD nas épocas 1 (23/10), 2 (06/11) e 3 (19/11); de 750GD na época 4 (03/12), e de 700GD na época 5 (17/12). Nota-se que, com o adiamento da semeadura, da época 1 para a época 2, o IAF máximo aumentou com valores semelhantes de acúmulo térmico, enquanto que a partir da época 2 o IAF máximo de cada época de semea-

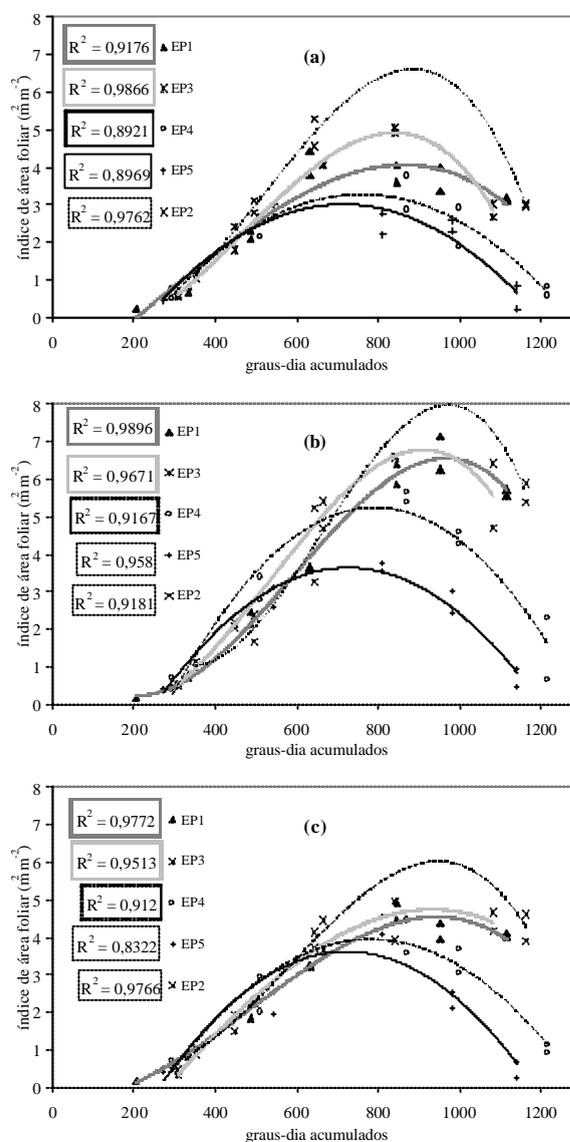


Figura 2. Relação entre o índice de área foliar (IAF) e os graus-dia acumulados (GD), em cinco épocas de semeadura das cultivares de soja: ‘IAC 20’ (a), ‘Dourados’ (b) e ‘IAC 8-2’ (c), em Jaboticabal, SP, no ano agrícola 1998/99.

dura foi atingido com valores decrescentes de GD acumulado, e que o IAF produzido nas épocas 4 e 5, semeaduras atrasadas, foi menor do que o IAF produzido nas demais épocas de semeadura, apresentando consideráveis diferenças mesmo em datas de semeadura próximas. De acordo com CAMARGO et al. (1987), conforme se atrasa a semeadura o GD total para a cultura da soja diminui, e isto está relacionado com a diminuição do fotoperíodo. O florescimento da soja é induzido quando a duração do período luminoso (fotoperíodo) começa a reduzir, portanto, em condições de dias curtos, verifica-se menor duração do subperíodo vegetativo.

O IAF da cultivar 'Dourados' (Figura 2b) apresentou relação com o GD um tanto diferente frente as épocas de semeadura, quando comparado à 'IAC 20', com valores de IAF mais elevados, principalmente nas épocas 1, 2, 3 e 4, obtidos com maiores acúmulos de GD. O 'IAC 8-2' (Figura 2c) mostrou padrão de tendência semelhante ao observado nas diferentes épocas de semeadura da 'IAC 20' (Figura 2a). É conveniente salientar que o IAF de cada cultivar, nas épocas 1, 2 e 3 manteve-se alto para um longo intervalo de acúmulo de GD quando comparado com as épocas 4 e 5 e que, de modo geral, os valores máximos do IAF foram altos para as três cultivares. Isso está de acordo com CÂMARA & HEIFFIG (2000) que afirmam que as cultivares de soja em uso no Brasil produzem muito mais superfície foliar do que o necessário para a taxa de fotossíntese máxima, atingindo IAF entre 5 a 8, durante os estádios R4 (formação de legumes) e R5 (início do enchimento de grãos). Como a maior parte da luz incidente é capturada pela periferia externa do dossel vegetativo, geralmente, as folhas mais baixas da planta contribuem pouco para a produção de fotoassimilados. O IAF crítico para a soja interceptar 95 % da radiação incidente está entre 3,0 e 3,9 (MUCHOW, 1985; MAYERS et al., 1991), dependendo da cultivar e do arranjo espacial.

A Figura 3 mostra que as taxas de conversão de GD para a produção de fitomassa (MS) variam entre as épocas de semeadura, entre as cultivares e, nestas, durante o ciclo de desenvolvimento. Porém, de modo geral, para as três cultivares e para as cinco épocas, a taxa é baixa até cerca de 500 GD acumulados e aumenta vertiginosamente até, aproximadamente, 1.100GD acumulados para, então, as taxas decrescerem até a colheita. A alta correlação existente entre os dados de MS e de GD acumulados permitiu o ajuste desses dados à equações lineares em que a linha de tendência passa pela origem, portanto, sem coeficiente

linear, onde o coeficiente angular indica a taxa ou eficiência de conversão de GD para acumular MS durante o ciclo fenológico. O alto grau de ajuste das equações aos dados é demonstrado pelos coeficientes de determinação (R^2) contidos na Tabela 1. Essas equações permitem selecionar a melhor época de semeadura e a cultivar mais eficiente para a produção biológica ou produção de fitomassa (MS), bem como a interação desses fatores. A conversão de GD para a produção de MS da cultivar 'IAC 20' em função do GD (Tabela 1), obteve valores máximos nas épocas 2 e 3, e que, segundo explica cada equação dessas épocas, o acréscimo em uma unidade de GD contribuiu diretamente para o incremento de 0,65 e 0,61g de MS m^2 , respectivamente.

As épocas 2 e 3 proporcionaram, também, os maiores acréscimos de MS da cultivar 'Dourados' em função do GD, quando comparado com as demais épocas estudadas, com taxas de 0,85 e 0,83g $m^2 GD^{-1}$, respectivamente. Semelhantemente ao ocorrido com a cultivar 'IAC 20', as menores eficiências de conversão da 'Dourados' aconteceram nas épocas 4 (0,68g $m^2 GD^{-1}$) e 5 (0,62g $m^2 GD^{-1}$), evidenciando a alta eficiência de conversão deste cultivar nas cinco épocas de semeadura. Assim como ocorrido com as outras duas cultivares, a conversão de GD em MS da cultivar 'IAC 8-2' foi mais eficiente, também, nas épocas 2 e 3. Comparando-se os dados apresentados na Tabela 1 com os respectivos dados representados na Figura 2, percebe-se claramente que as maiores eficiências de conversão de GD em MS foram obtidas nas épocas em que os IAFs foram maiores.

Em termos médios, para as três cultivares, a eficiência de conversão foi de 0,57, 0,73 e 0,71g de MS m^2 para cada incremento de uma unidade em GD, para as cultivares 'IAC 20', 'Dourados' e 'IAC 8-2', respectivamente, mostrando a maior eficiência da 'Dourados' para todas as épocas avaliadas.

Com exceção da época 1 da cultivar 'IAC 20' que apresentou baixo número de legumes com grãos por planta, a produtividade de grãos foi alta para as três cultivares em todas as épocas de semeadura, com produtividade média de 2.773kg ha^{-1} para a 'IAC 20', de 5.498kg ha^{-1} para a cultivar 'Dourados', e de 3.617kg ha^{-1} para a 'IAC 8-2'. As altas produtividades obtidas pelas cultivares nas cinco épocas de semeadura devem-se, basicamente, à abundante disponibilidade de água no solo durante o ciclo, oriunda, principalmente, das chuvas ocorridas no período, além da disponibilidade fotoperiódica, térmica e energética

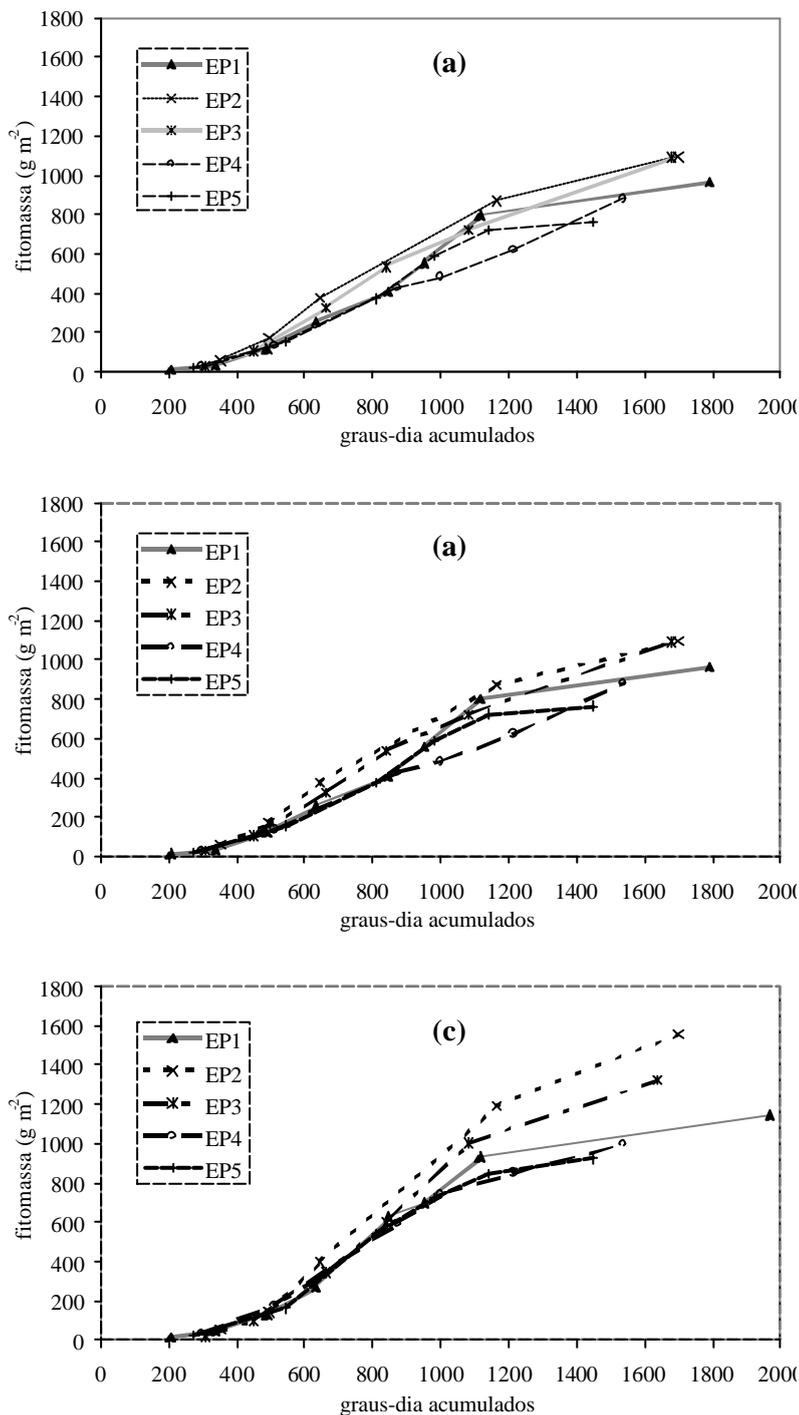


Figura 3. Relação entre a fitomassa da parte aérea (MS) e os graus-dia acumulados (GD), em cinco épocas de semeadura das cultivares de soja: 'IAC 20' (a), 'Dourados' (b) e 'IAC 8-2' (c), em Jaboticabal, SP, no ano agrícola 1998/99.

cultivar 'IAC 20' foram nas épocas 3 (3.265kg ha⁻¹) e 4 (3.373kg ha⁻¹), da 'Dourados' foram nas épocas 2 (5.978kg ha⁻¹) e 3 (6.237kg ha⁻¹), e da 'IAC 8-2' também foram nas épocas 2 (4.311kg ha⁻¹) e 3 (4.487kg ha⁻¹). De modo geral, percebe-se que as maiores produtividades de grãos foram obtidas nas épocas em que a eficiência de conversão de GD para a produção de MS foi, também, mais acentuada, sugerindo que a produtividade de grãos pode estar associada com os GD acumulados e com a MS produzida. No entanto, a análise de todos os dados de produtividade de grãos e de eficiência de conversão de GD em MS não apresentaram correlação significativa pelo teste F.

Mesmo assim, visando estabelecer as possíveis relações entre a produtividade das cultivares com o acúmulo de GD e a produção final de MS, foram ajustados os dados dessas duas variáveis a equações de regressão. As equações que melhor se adequaram a essa relação foram do tipo $y = a_1 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + c_1 x_1^2 + c_2 x_2^2$, em que y é a produtividade de grãos (kg ha⁻¹); a_1 , b_1 , b_2 , c_1 e c_2 são os coeficientes da equação; e x_1 e x_2 são as variáveis independentes GD e MS (g m²), respectivamente.

Os valores dos coeficientes a_1 , b_1 , b_2 , c_1 e c_2 são apresentados, individualmente para cada cultivar, na Tabela 2 e, muito embora a análise individual de cada coeficiente não elucide minuciosamente a contribuição das variáveis GD e MS para a produtividade de grãos, as equações obtidas permitem a obtenção de satisfatórias estimativas da produtividade, conforme indicam os coeficientes de determinação (R^2). Nota-se na Figura 4 que, para o mesmo conjunto de dados, os valores da produtividade estimada pelas equações ajustadas são muito próximos aos

valores observados, cuja relação é muito próxima de 1, como demonstra o coeficiente angular de 0,988. Destaca-se, ainda, que para a cultivar 'IAC 8-2' hou

adequada à satisfação das exigências bioclimáticas dessa espécie. As maiores produtividades de grãos da

Tabela 1 Coeficientes angulares (b_1) e de determinação (R^2) das equações de regressão para estimativa da fitomassa (MS) da soja em função dos graus-dia (GD) acumulados, para cada cultivar e época de semeadura. Jaboticabal, SP, 1998/99.

Época de semeadura	IAC 20		Dourados		IAC 8-2	
	b_1	R^2	b_1	R^2	b_1	R^2
EP 1 (23/10)	0,5419	0,8726	0,7154	0,8444	0,6310	0,8660
EP 2 (06/11)	0,6509	0,9027	0,8555	0,8580	0,8312	0,8704
EP 3 (19/11)	0,6133	0,9009	0,8323	0,8634	0,7615	0,8510
EP 4 (03/12)	0,5106	0,9084	0,6795	0,8972	0,6593	0,8627
EP 5 (17/12)	0,5374	0,7580	0,6238	0,9159	0,6606	0,9045
MÉDIA	0,5672	0,8558	0,7351	0,8366	0,7064	0,8229

ve algumas diferenças entre produtividade observada e estimada, como pode ser constatado pela dispersão dos dados dessa cultivar.

Conclusões

Em condições adequadas de disponibilidade hídrica pode-se concluir que as taxas de conversão de graus-dia em fitomassa variam de acordo com a época de semeadura, com a cultivar e, ainda, ao longo do ciclo de cada cultivar de soja; e que a produtividade das cultivares 'IAC 20', 'IAC 8-2' e 'Dourados' são dependentes do acúmulo de graus-dia (GD) e de fitomassa (MS) produzida durante o ciclo fenológico.

Referências bibliográficas

- AUDE, M.I.D. et al. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grãos do trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1533-1539, 1994.
- BENINCASA, M.M.P. *Análise do crescimento de plantas (noções básicas)*. Jaboticabal: Funep, 1988. 42 p.
- 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.

BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar "White Voston" em sistema de unidades térmicas. *Bragantia*, Campinas, v. 35, n. 19, p. 213-219, 1976.

CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G.M.S. (Coord.) *Soja: tecnologia da produção II*. Piracicaba: ESALQ/LPV, p.81-119, 2000.

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.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. *Yield response to water*. Roma: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper 33).

FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L.M.G. Modelagem do crescimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-

Tabela 2 Coeficientes das equações de estimativa da produtividade de grãos da soja. Jaboticabal, SP, 1998/99.

Cultivares	a_1^*	b_1	b_2	c_1	c_2	R	R^2
IAC 20	-89.922,1	120,782	-0,912	-0,0388	0,0004	0,97	0,94
DOURADOS	26.717,5	-33,045	14,860	0,0080	-0,0044	0,96	0,93
IAC 8-2	39.203,7	-49,861	9,785	0,0138	-0,0021	0,82	0,68

* a_1 , b_1 , b_2 , c_1 e c_2 são os coeficientes da equação de regressão $y = a_1 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + c_1 x_1^2 + c_2 x_2^2$, onde y , x_1 e x_2 são, respectivamente, a produtividade de grãos (kg ha^{-1}), o graus-dia acumulado (GD) e a fitomassa (MS, g m^{-2}); R é o coeficiente de correlação; R^2 é o coeficiente de determinação.

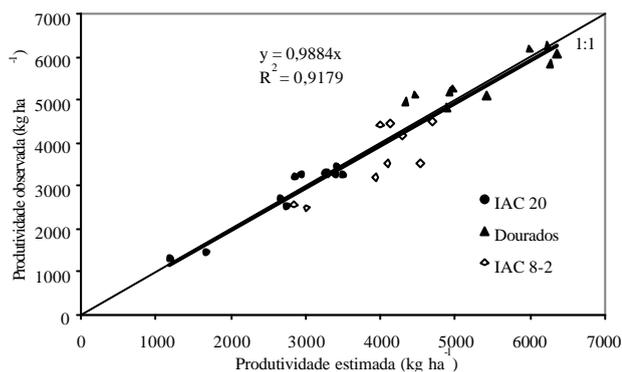


Figura 4. Relação entre a produtividade de grãos observada e estimada em função da fitomassa (MS) e dos graus-dia acumulados, das cultivares de soja 'IAC 20', 'Dourados' e 'IAC 8-2', em Jaboticabal, SP, no ano agrícola 1998/99.

dia, com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 59-66, 1999.

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, n. 3, p. 454-458, 1997.

KMEC, P. et al. Growth analysis of crambe. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 1, p. 108-112, 1998.

MAYERS, J.D.; LAWN, R.J.; BYTH, D.E. Agronomic studies on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in the dry seasons of the tropics. I. Limits to yield imposed by phenology. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 42, n. 7, p. 1075-1092, 1991.

MUCHOW, R.C. An analysis of the effects of water deficits on grains legumes grown in a semi-arid tropical environment in terms of radiation interception and its use. **Field Crops Research**, Amsterdã, v. 11, n. 4, p. 309-323, 1985.

SCHÖFFEL, E.R. **Época de semeadura, fenologia, características fisiológicas e agrônômicas 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: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1984. 20 p. (Boletim Técnico, 2).

