

RENDIMENTO MÁXIMO DO GIRASSOL COM BASE NA RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA: I. ABSORÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA¹

NÍDIO ANTONIO BARNI², MOACIR ANTÔNIO BERLATO³, HOMERO BERGAMASCHI³, JOÃO RIBOLDI⁴

RESUMO – O desenvolvimento e rendimento máximo (Y_m) do girassol foram dimensionados e modelados com base na temperatura efetiva (graus-dia) e na radiação solar fotossinteticamente ativa absorvida acumulada (PAR_{aa}), em condições de não limitação hídrica no solo. Os experimentos foram realizados a campo no município de Taquari-RS, em duas estações de crescimento, 1991/92 e 1992/93. Os resultados mostraram que o índice de área foliar (IAF) pode ser estimado pela soma térmica efetiva e que a absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa é estreitamente associada ao IAF e à estrutura da vegetação, sintetizada no coeficiente de extinção (K).

Palavras-chave: rendimento máximo (Y_m); radiação solar; desenvolvimento do girassol.

SUNFLOWER MAXIMUM YIELD PRODUCTION BASED ON SOLAR RADIATION AND TEMPERATURE: I. ABSORPTION OF PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION.

ABSTRACT – Growth and maximum yield (Y_m) of sunflower was modeled based on the effective temperature (degree-days) and photosynthetically active radiation absorbed and accumulated (PAR_{aa}) under well watered conditions. Experiments were performed on a field site at Taquari (RS) during two growth seasons (1991/92, 1992/93). The results showed that the leaf area index (LAI) can be estimated from the sum of the effective temperature. The absorption of PAR is very closely associated with the LAI and the canopy structure, that is represented by the extinction coefficient (K).

Key words: maximum yield (Y_m); solar radiation; sunflower development.

INTRODUÇÃO

O conceito de rendimento energético mostra que a produção final de uma cultura é baseada na quantidade de radiação solar absorvida na eficiência com que a radiação absorvida é transformada em matéria seca e na distribuição dessa matéria seca nos diferentes órgãos da planta.

O girassol classifica-se, do ponto de vista de seu metabolismo fotossintético, como uma espécie de ciclo C-3, à semelhança do trigo e outros cereais de inverno. Este tipo de espécie possui, em geral, taxas fotossintéticas comparativamente menores que as espécies que apresentam metabolismo fotossintético tipo C-4, como ocorre com o milho e sorgo (MOOS, 1984).

Quanto à temperatura, o ótimo para espécies C-3, sempre em referência aos níveis de fotossíntese alcançados, situa-se entre os 20 a 25 °C e para as espécies de ciclo C-4 entre os

30-35 °C (VIEGA, 1988). A temperatura é considerada o fator do ambiente de maior influência no desenvolvimento do girassol (ROBINSON, 1978), sendo a espécie apontada como de dias curtos ou insensível em relação ao fotoperíodo (ROBINSON, et al., 1967).

A faixa de comprimento de onda da radiação solar entre 400 a 700 nanômetros constitui a energia radiante fotossinteticamente ativa (PAR). A PAR varia de 44 a 69% da radiação solar global (STIGTER e MUSABILHA, 1982). Na média, representa cerca de 50% da radiação solar global (VAN HEEMST, 1986). Entretanto, o valor mais referido é de 46%.

A PAR absorvida é a soma algébrica das densidades de fluxo que chegam e que saem, medidas acima e abaixo do dossel da planta (VARLET-GRANCHER et al., 1989). Quatro medidas independentes de densidades de fluxo da PAR, duas acima do dossel da planta e duas abaixo, são requeridas para determinar a radiação fotossinteticamente ativa absorvida (PAR_a) (GALLAGHER e BISCOE, 1978). As medições requeridas acima do dossel são: (i) a PAR incidente (I_0); (ii) a PAR refletida pelo dossel e pelo solo (rds). As medições requeridas abaixo do dossel são: (i) a PAR transmiti-

1. Extraído da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à Faculdade de Agronomia da UFRGS, junho de 1994.

2. Eng^o Agr^o, Dr. – FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias 570, 90130-060 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

3. Eng^o Agr^o, Dr. – Faculdade de Agronomia da UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712, 90001-970 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

4. Eng^o Agr^o, Dr. – Instituto de Matemática da UFRGS.

Recebido para publicação em 06/07/1995.

da (td), através do dossel para a superfície do solo, e (ii) a PAR refletida pelo solo, (rs). A partir destas medições a PAR absorvida pelo dossel (PARa) pode ser calculada como:

$$PARa = (I_o + rs) - (td + rds) \quad (1.1)$$

Esta medição instantânea de PARa é tipicamente reportada tanto em unidades de fótons ($\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), como em unidades de energia (W.m^{-2}) (SHIBLES, 1976).

A estrutura do dossel ou atributo de "estado" é a capacidade do dossel, a um dado tempo, absorver alguma fração (fA) da densidade de fluxo da PAR incidente, definida como:

$$fA = PARa/I_o \quad (1.2)$$

As plantas crescem em resposta à quantidade total da PAR absorvida (PARa) e não à fração da PAR absorvida (fA) pelas suas folhas. Integração temporal da PARa, complementa este passo:

$$PARa(t) = \int_{t_0}^n fA(t) I_o(t) dt \quad (1.3)$$

Esta variável é expressa em unidades de $\text{Mj. m}^{-2}.\text{tempo}^{-1}$ ou então $\text{mol.m}^{-2}.\text{tempo}^{-1}$.

Medições da luz transmitida através dos dosséis têm sido usualmente realizadas próximo ao meio-dia solar, quando a PAR que chega (I_o), em dias claros, está em seu valor máximo (SINCLAIR e LEMON, 1974).

A quantidade de radiação solar absorvida é um importante fator determinante da produtividade final de uma cultura (MITCHELL, 1970). Isto fundamenta-se na evidência de que, praticamente, toda a massa de matéria seca das plantas superiores tem origem na fotossíntese (GOOD e BEL, 1980).

Numa planta sadia, adequadamente suprida de água e nutrientes, a fotossíntese líquida e a produção de fitomassa são proporcionais à quantidade de PARa (STEVEN et al., 1983). Entretanto, DEMETRIADES-SHAH et al. (1992) contestaram a relação entre radiação solar acumulada e fitomassa produzida. Analisaram dados experimentais para demonstrar a fragilidade metodológica de uma interpretação simplista do crescimento da cultura em termos da energia absorvida e acumulada.

A absorção da PAR pelos dosséis das culturas é estreitamente associada ao índice de área foliar (IAF). Estudos da área foliar na cultura

do girassol têm sido realizados pelo fato da mesma ser estreitamente relacionada com o rendimento (RAWSON et al., 1980).

A densidade do fluxo de fótons fotosintéticos (PPFD), absorvida em diferentes alturas no interior do dossel vegetativo, é usada no cálculo da fotossíntese potencial em alguns modelos de simulação.

A partir da fração da PPFD absorvida (i/I_o) e do IAF medidos a diferentes alturas, a Lei de BEER, como proposta por MONSI e SAEKI (1953), foi usada para calcular o coeficiente de extinção (K) de PPFD do dossel vegetativo.

$$\ln(I_o/I) = K \cdot IAF \quad (1.4)$$

onde I é a radiação solar que chega à superfície do solo no interior do dossel vegetativo. O coeficiente de extinção tem sido utilizado largamente em modelos de produção de culturas (GOSSE et al., 1984), mais como uma constante do que como uma variável.

É importante lembrar, entretanto que dois co-fatores desempenham um papel muito importante na conversão da radiação solar absorvida em massa de matéria seca: (i) as mudanças na fotossíntese com radiação solar e temperatura; e (ii) a fração do carbono fixado pela fotossíntese que é respirado (GALLAGHER e BISCOE, 1978).

O aproveitamento da luz visível por uma cultura como o girassol está na dependência de seu IAF e dos parâmetros físicos, biológicos e geométricos que determinam a absorção da radiação solar incidente. Esses parâmetros são determinados, principalmente pela posição solar, estrutura da planta, geometria, tamanho, ângulo de distribuição e idade da folha, arranjo de plantas no campo, altura da planta, época do ano e nebulosidade (VARLET-GRANCHER et al., 1989; ROOS, 1981).

A assimilação de carbono pela cultura depende, principalmente, do estabelecimento da área foliar mais do que da taxa de fotossíntese, e o conhecimento de como a área foliar é controlada torna-se o primeiro fator para o entendimento do crescimento da cultura (RAWSON et al., 1980). O girassol apresenta um rápido desenvolvimento da área foliar, atingindo o estágio R1 da escala proposta por SCHNEITER e MILLER (1981) com 50% da área foliar expandida (VRÂNCEANU, 1977) e área foliar máxima na antese (RAWSON e TURNER, 1982, a). A área foliar na antese

apresenta alta relação com a produção final de aquênios (VRÂNCEANU, 1977; RAWSON et al., 1980; RAWSON e TURNER, 1982, a), sendo importante considerar-se também a atividade fotossintética por unidade de área e a duração da área foliar (MITCHEL, 1970; GOOD e BELL, 1980).

Os dados de RAWSON et al. (1980) e RAWSON e CONSTABLE (1980) possibilitam concluir para o girassol, como WATSON (1956) o fez para cereais, que a área foliar é uma variável do crescimento muito mais importante do que a taxa de assimilação líquida.

SRIVASTAVA et al. (1977) estimaram que o capítulo, e especialmente as brácteas, podem contribuir com mais de 40% das necessidades de carbono para o enchimento dos grãos o que, para os referidos pesquisadores, foi uma contribuição similar àquela das folhas superiores da planta de girassol.

A estimativa e a exploração dos limites da produtividade das culturas é uma das prioridades da maioria dos programas de pesquisa agrícola. Por sua vez, a modelagem matemática da predição do rendimento representa a possibilidade de detectar pontos de estrangulamento que limitam a expressão máxima da produtividade. Portanto, com o presente estudo buscou-se modelar o crescimento, desenvolvimento e rendimento máximo do girassol, com base na radiação solar e temperatura do ar. Nesta primeira parte do trabalho, que trata da absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa, os objetivos foram os seguintes:

- Quantificar o desenvolvimento da área foliar do girassol;
- Estabelecer relações entre a temperatura do ar e o desenvolvimento da área foliar;
- Estabelecer relações entre o índice de área foliar (IAF) e a radiação solar fotossinteticamente ativa absorvida (PARa) pelo dossel da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

As relações entre a radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR), a temperatura efetiva (graus-dia), o índice de área foliar (IAF) e a produção de massa de matéria seca (MS) foram ajustadas através da adaptação do modelo de predição da produção de massa de matéria seca da alfafa proposto por GOSSE et al. (1984). Este modelo é baseado na relação entre o rendimento de massa de matéria seca e o total acumulado

de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela cultura durante seu período de crescimento.

Duas relações simples permitem representar a radiação absorvida, como uma função de duas variáveis meteorológicas: radiação solar global incidente (Rs) e soma de temperatura média diária efetiva (graus-dia).

O modelo utiliza a radiação solar fotossinteticamente ativa absorvida (PARa) pela cultura como variável explicativa. Entretanto, esta variável sintética conta com a intervenção de três componentes: (i) a radiação solar global incidente (Rs); (ii) a estrutura da vegetação, através do coeficiente de extinção (k); e (iii) o índice de área foliar da cultura (IAF).

O primeiro componente (Rs) é medido nas estações meteorológicas. Os dois outros são estimados.

O modelo é dado por:

$$MS = bl * \sum PARa \quad (2.1)$$

onde MS é o rendimento de massa de matéria seca (g.m⁻²), bl o coeficiente de regressão e PARa a radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR) absorvida (Mj.m⁻².dia⁻¹).

Por sua vez a variável PARa é dada por:

$$PARa = PAR * Ea \quad (2.2)$$

onde PAR é a radiação solar fotossinteticamente ativa incidente e Ea a eficiência de absorção da radiação.

Considerando a PAR igual a 46% da radiação solar global (Rs), então:

$$PAR = 0,46 * Rs \quad (2.3)$$

A eficiência da absorção da radiação (Ea), também denominada de fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (fA) (DAUGHTRY et al., 1992), foi obtida pela relação:

$$Ea = \beta * \{1 - \exp. (-K*IAF)\} \quad (2.4)$$

onde β é igual a 0,95, que é considerada a máxima eficiência de absorção, quando o índice de área foliar (IAF) é o máximo (antese do girassol) e k o coeficiente de extinção.

O cálculo do coeficiente de extinção foi feito a partir da Lei de Beer (equação 1.4):

$$K = (\ln I_0 - \ln I) / IAF \quad (2.5)$$

onde I é a radiação solar que chega à superfície do solo no interior do dossel vegetativo, I_0 a radiação solar global incidente sobre a cultura e IAF é o índice de área foliar, quando I é determinado junto ao solo.

O índice da área foliar (IAF) foi calculado pela relação:

$$IAF = b_2 * \sum GD \quad (2.6)$$

onde o b_2 é o coeficiente de regressão e GD a soma dos graus-dia, ou soma térmica efetiva, calculada considerando a temperatura base igual a 5°C, da data da emergência das plântulas até o estágio de desenvolvimento considerado. Foi adotado como IAF máximo aquele verificado no estágio R6, da escala fenológica proposta por SCHNEITER e MILLER (1981), que corresponde ao final da antese.

Usando as equações (2.3), (2.4) e (2.6) é possível expressar a relação (2.1) em função de dois parâmetros meteorológicos simples: radiação solar global diária incidente (R_s) e temperatura média diária efetiva (GD), ou seja:

$$MS = b_1 * \sum \{0,46 R_s * 0,95 [1 - \exp(-K * b_2 * \sum GD)]\} \quad (2.7)$$

A equação (2.7) foi utilizada para a estimativa da produção de massa de matéria seca (MS) do girassol, em condições de umidade do solo não limitantes. Com base no índice de colheita (IC) foi possível prever o rendimento máximo da cultura conforme está relatado na seqüência deste trabalho, em BARNI et al. (1995,b).

Para a determinação dos parâmetros do modelo acima (equação 2.7) foram realizados experimentos durante duas estações de crescimento, 1991/92 e 1992/93, conforme descrição dos materiais e métodos feita em BARNI et al. (1995, a), com exceção das seguintes determinações:

A radiação solar global incidente (R_s) e a radiação solar refletida pelo dossel e pelo solo (r_{ds}), foram determinadas sobre a comunidade vegetal, semanalmente, utilizando dois piranômetros modelo D3B, com constantes, respectivamente, de $(1,59 \pm 0,1) * 10^{-6}$ V por $W.m^{-2}$ e $(1,82 \pm 0,1) * 10^{-6}$ V por $W.m^{-2}$, instalados a uma altura fixa de 3 m acima do solo.

A radiação solar global transmitida pelo dossel (t_d) e a radiação solar refletida pelo solo (r_s) foram determinadas na altura de 0,20 m acima do nível do solo entre e dentro das fileiras de plantas, semanalmente, utilizando dois

piranômetros modelo D3B, com constantes, respectivamente, de $(1,59 \pm 0,1) * 10^{-6}$ V por $W.m^{-2}$ e $(1,82 \pm 0,1) * 10^{-6}$ V por $W.m^{-2}$, instalados a uma altura fixa de 0,20 m, acima do solo no interior da comunidade vegetal.

Os fluxos de radiação solar global foram transformados em fluxos de radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR), conforme GALLAGHER e BISCOE (1978).

O saldo de radiação (R_n) foi medido sobre a cultura, empregando um saldo radiômetro marca Phillip Schenk, de constante 6,138 mV por $cal.cm^{-2}.min^{-1}$, instalado a uma altura fixa de 3 m acima do solo, no centro da parcela principal.

Foi estabelecida também uma relação entre o termo energético (R_n) e a radiação solar global (R_s), dada por:

$$R_n = f(R_s, IAF) \quad (2.8)$$

Os dados foram submetidos a análises estatísticas. As análises de variância foram efetuadas pelo método dos mínimos quadrados e testadas pelo F-teste. O Teste de Duncan testou as diferenças entre as médias. Das análises de regressão realizadas, foram obtidos os coeficientes de determinação (r^2) do modelo que melhor se ajustou em cada relação. Para a determinação da radiação solar fotossinteticamente ativa absorvida (PARa) foram considerados somente os polinômios (modelos) cujos coeficientes de regressão apresentassem significância ao nível de 1% de probabilidade. As Tabelas 1, 2, 3 e 4 registram as equações obtidas em cada etapa da parametrização da radiação absorvida, assim como os procedimentos adotados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 e 2 e nas tabelas 1, 2, 3 e 4 é apresentado o comportamento do IAF, por cultivares e por épocas de semeadura, nas distintas estações de crescimento. O IAF seguiu uma curva exponencial quadrática (sigmóide até o ponto de máximo IAF), ao longo do ciclo de desenvolvimento do girassol. Inicialmente o crescimento é lento, em seguida atinge um crescimento exponencial, para tornar-se quadrático a partir do início da antese até a maturação. O girassol apresentou um rápido desenvolvimento da área foliar atingindo o estágio R1 (diferenciação do primórdio floral – Tabela 5), com mais de 50% da área foliar expandida e área foliar máxima

na antese (Tabelas 1 e 2). Estes resultados confirmam as observações relatadas por diversos autores (VRÂNCEANU, 1977; RAWSON e TURNER, 1982, a, b).

Na semeadura de 04/11/1991, houve um nivelamento da resposta entre as cultivares e os níveis de adubação. As curvas apresentadas na Figura 1-a, c se confundem. Já, em 1992/93, as curvas evidenciam efeitos distintos entre as cultivares e entre as épocas de semeadura, quando a cultivar tardia apresentou os maiores índices de área foliar (Figura 1-b, d; Tabelas 1 e 2).

Na média das cultivares, a semeadura de 04/11/1991 apresentou o melhor comportamento com relação ao IAF (Figura 2-a, b; Tabelas 1 e 2), em razão das maiores taxas de crescimento proporcionadas pelas ótimas disponibilidades térmicas e hídricas ocorridas (BARNI et al., 1995, a). As semeaduras de 1992 atingiram um menor nível de IAF, com a semeadura de setembro antecipando-se em atingir o IAF máximo. Esta evidência fica bem clara na Figura 2-b, onde os valores estimados mostram um IAF mais elevado em 1991/92, seguido pela semeadura de agosto de 1992, embora o IAF máximo de setembro de 1992 tenha sido alcançado num menor número de dias, após a emergência das plantas. Na estimativa integrada das três datas de semeadura (Figura 2-c, Tabelas 3 e 4), o efeito da temperatura está ressaltado na antecipação do IAF máximo. Da mesma forma, na Figura 2-d a dispersão de pontos evidencia o efeito de exigências térmicas distintas de cada cultivar, os quais antecipam ou retardam o IAF máximo durante a estação de crescimento.

O coeficiente de extinção (K), que depende, principalmente, do ângulo de distribuição foliar e do ângulo zenital solar (ROSS, 1981), atingiu valores compreendidos na faixa de 0,7 a 0,8 quando o IAF alcançou os valores máximos nas distintas épocas de semeadura e cultivares (Figura 3). O coeficiente de extinção ajustado para todos os tratamentos (Figura 3-d), em função do IAF, atingiu o valor máximo quando o IAF aproximou-se de 3,0 (Tabelas 1, 2, 3 e 4).

O coeficiente de extinção determinado para a soja por DAUGHTRY et al. (1992) foi de 0,803 com um IAF máximo de 7,9 e para a cultura do milho foi de 0,463 com um IAF máximo de 6,5. Entretanto, a soja, com folhas planófilas, atingiu a máxima absorção de radiação com IAF em torno de 3,5, enquanto que na cultura do

milho ocorreu com um IAF próximo de 6,0. O dossel da soja, tipicamente, tem uma distribuição espacial predominantemente horizontal de inclinação da área foliar, enquanto que o milho apresenta uma distribuição mais ereta (área foliar eretófila) da área foliar (ROSS, 1981). O girassol aproxima-se da soja (planófila). Dosséis planófilos interceptam mais radiação por unidade de área foliar e, dessa forma, tem mais valores de k do que dosséis eretófilos.

A absorção da PAR foi semelhante em 1991/92 e apresentou pequena diferença entre cultivares em 1992/93 (Tabelas 1, 2, 3 e 4). O efeito da época de semeadura na absorção da PAR está ilustrado na Figura 4, verificando-se que as semeaduras mais tardias anteciparam a absorção máxima, à semelhança do ocorrido com o índice da área foliar. A absorção da PAR atingiu o valor máximo com o IAF em torno de 4,0, como representa a Figura 4-d.

Estes resultados confirmam relatos de diversos autores (GOSSE et al., 1984; VARLET-GRANCHER et al., 1989) de que a estimativa do IAF pela soma térmica efetiva é uma grande possibilidade para a estimativa do rendimento máximo do girassol (Y_m), uma vez que o IAF está vinculado ao coeficiente de extinção, à eficiência de absorção da PAR, à PAR absorvida acumulada e, por conseqüência, ao rendimento de grãos (WATSON, 1956; VRÂNCEANU, 1977; RAWSON e TURNER, 1982, a; 1982, b). RAWSON et al. (1980) constataram um aumento linear do rendimento de aquênios para cada acréscimo unitário do IAF ($r^2=0,86$).

CONCLUSÕES

1. O IAF é menor nas semeaduras de agosto e setembro do que em novembro e apresenta estreita relação com a soma térmica efetiva.
2. O cultivar tardia apresenta maior índice de área foliar.
3. A temperatura elevada acelera o atingimento do IAF máximo.
4. Cada cultivar apresenta exigências térmicas específicas para atingir o IAF máximo.
5. O coeficiente de extinção (K) do girassol atinge os valores máximos (0,7 a 0,8) com o IAF máximo.
6. A absorção da PAR está diretamente associada com o IAF.
7. A fração da PAR absorvida pelo dossel do girassol decresce com a redução da área foliar a partir da antese.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BARNI, N.A.; BERLATO, M.A.; SANTOS, A.O.; SARTORI, G. Análise de crescimento do girassol em resposta a cultivares, níveis de adubação e épocas de semeadura. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.1, n.2, 1995, a (no presente número).
- BARNI, N.A.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H.; RIBOLDI, J. Modelo de predição do rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e na temperatura: II. Produção de fitomassa e rendimento de grãos. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.1, n. 2, 1995, b (no presente número).
- DAUGHTRY, C.S.T.; GALLO, K.P.; GOWARD, S.N.; PRINCE, S.D.; KUSTAS, W.P. Spectral estimates of absorbed radiation and phytomass production in corn and soybean canopies. *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 39, p. 141-152, 1992.
- DEMETRIADES-SHAH, T.H.; FUCHS, M.; KANEMASU, E.T.; FLITCROFT, I. A note of caution concerning the relationship between cumulated intercepted solar radiation and crop growth. *Agricultural Forest and Meteorology*, Amsterdam, v. 58, p. 193-207, 1992.
- GALLAGHER, J.N.; BISCOE, P.V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 91, p. 47-60, 1978.
- GOOD, N.E.; BELL, D.H. Photosynthesis, plant productivity and crop yield. In: CARSON, P.S. *The biology of crop productivity*. New York: Academic Press., 1980. p. 3-51.
- GOSSE, G.; CHARTIER, M.; LEMAIRE, G. Mise au point d'un modèle de prévision de production por une culture de luzerne. *C.R. Academic Science*, Paris, v. 18, p. 541-544, 1984.
- MITCHEL, R.L. *Crop growth and culture*. Ames: Iowa State University Press, 1970. 349p.
- MONSI, M.; SAEKI, T. Uben den lichtfaktor in den pflanzengesellschaften un seine bedeutung fur die stoff produktion. *Japan Journal of Botany*, Tokio, v. 14, p. 22-52, 1953.
- MOSS, D.N. Photosynthesis, respiration, and photorespiration in higher plants. In: TESAR, M. B. (Ed.). *Physiological basis of crop growth and development*. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America, 1984. p. 131-152.
- RAWSON, H.M.; COSTABLE, G.A. Carbon production of sunflower cultivars in field and controlled environments. I. Photosynthesis and transpiration of leaves steams and heads. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v. 7, p. 525-573, 1980.
- RAWSON, H.M.; CONSTABLE, G.A.; HOWE, G.N. Carbon production of sunflower cultivars in field and controlled environments. II. Leaf growth. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v. 7, p. 575-586, 1980.
- RAWSON, H.M.; TURNER, N. C. Recovery from water stress in five sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. I. Effects of the timing of water application on leaf area and seed production. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v. 9, p. 437-448, 1982, a.
- N.C. Recovery from water stress in five sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars: II. The development of area. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.9, p. 449-460, 1982, b.
- ROBINSON, R.G.; BERNAT, L.A.; GEISE, H.A.; JOHNSON, F.K.; KIMMAN, M.L.; MADER, E.L.; OSWALDT, R.M.; PUTT, E.D.; SWALLERS, C.M.; WILLIAMS, J.H. Sunflower development at latitudes ranging from 31 to 49 degrees. *Crop Science*, Madison, v. 7, p. 134-137, 1967.
- ROBINSON, R.G. Adaptation and physiological aspects on the sunflower plant. In: American Society of Agronomy. *Sunflower Science and Tecnology*. Madison, 1978. Cap. 19.
- ROOS, J. *The radiation regime and architecture of plant stands*. The Hague: Junk Publishers, 1981. 391p.
- SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, Madison, v. 21, p. 901-903, 1981.
- SHIBLES, R.M. Terminology pertaining to photosynthesis. *Crop Science*, Madison, v. 16, p. 437-439, 1976.
- SINCLAIR, T.R.; LEMON, E.R. Penetration of photosynthetically active radiation in corn canopies. *Agronomy Journal*, Madison, v. 66, p.201-204, 1974.
- SRIVASTAVA, G.C.; DESHMUKH, P.S.; TOMAR, D.P.S. Significance of leaf orientation and bract in seed yield in sunflower. *Indian Journal of Plant Physiology*, Nova Delli, v. 20, p. 151-156, 1977.
- STEVEN, M.D.; BISCOE, P.V.; JAGGARD, K.W. Estimation of sugar beet productivity from reflection in the red and infrared spectral bands. *Institute Journal Remote Sense*, London, v. 4, p. 325-334, 1983.
- STIGTER, C.J.; MUSABILHA, V.M.M. The conservative ratio of photosynthetically active to total radiation in the tropics. *Journal Applied Ecology*, Oxford, v. 19, p.853-858, 1982.
- VANHEEMST, H.D.J. Physiological principles. In: VAN KEULEN, H.; WOLF, J. (Eds.) *Modelling of agricultural production: weather, soils and crop*. Amsterdam, 1986. p. 13-26.
- VARLET-GRANCHER, C.; GOSSE, G.; CHARTIER, M.; SINOQUET, H.; BONHOMME, R.; ALLIRAND, J.M. Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. *Agronomie*, Paris, v. 9, p. 419-439, 1989.
- VIEGA, L. Fisiologia del cultivo de girasol. In: PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION AGRICOLA DEL CONO SUR – PROCISUR. Manejo del cultivo, control de plagas y enfermedades del girasol. Montevideo: IICA/BID, 1988. p. 211-215. (Dialogo, 22).
- VRANCEANU, A.V. *El Girassol*. Madrid: Mundi, 1977. 379p.
- WATSON, D.J. Leaf growth in relation to crop yield. In: MILTHORPE, F.L. (Ed.) *The growth of leaves*. London: Butterworth, 1956. 349p.

TABELA 1 - Dados e roteiro utilizados na estimativa do rendimento máximo (Ym) da cultura do girassol com base na radiação solar absorvida pela comunidade vegetal durante a estação de crescimento de 1991/92, no município de Taquari-RS. Ajuste individual por cultivar e por nível de fertilidade do solo

Cultivar:	Dias após Emerg.	Rad.Glob. Semanal (cal/cm2)	IAF Obs.	Soma Graus dia (°C)	IAF Est. GD	Coef. K Obs.	K/ajust. pelo IAF/obs.	K/ajust. pelo IAF/est.	Ea K-IAF Obs.	Ea K-IAF Calc.
Datas:				(1a)	(2a)	(3a)	(4a)	(5a)	(6a)	(7a)
GR-18										
04/11/91	Semeadura									
22/11/91	10	4752	0,06	143,0	0,08	0,17	0,03	0,04	0,010	0,003
29/11/91	17	3260	0,25	273,7	0,25	0,23	0,11	0,11	0,054	0,025
06/12/91	24	3820	0,87	401,5	0,63	0,35	0,33	0,25	0,250	0,140
13/12/91	31	2636	1,66	534,0	1,38	0,49	0,54	0,48	0,530	0,460
20/12/91	38	3528	3,69	669,6	2,51	0,71	0,67	0,70	0,881	0,785
27/12/91	45	2476	3,55	801,0	3,75	0,70	0,68	0,75	0,871	0,893
03/01/92	52	3924	3,53	925,8	4,64	0,68	0,68	0,67	0,864	0,907
10/01/92	59	4096	3,51	1055,1	4,88	0,67	0,68	0,63	0,860	0,906
17/01/92	66	4036	3,49	1175,2	4,37	0,65	0,68	0,70	0,852	0,906
24/01/92	73	3768	3,18	1322,4	3,11	0,63	0,69	0,75	0,822	0,857
31/01/92	80	3072	2,64	1461,6	1,83					
07/02/92	87	3257	0,83	1602,2	0,88					
GR-10										
04/11/91	Semeadura						(9a)	(10a)		
22/11/91	10	4752	0,06	143,0	0,08	0,17	0,02	0,03	0,010	0,002
29/11/91	17	3260	0,22	273,7	0,25	0,23	0,08	0,10	0,048	0,024
06/12/91	24	3820	0,89	401,5	0,65	0,36	0,29	0,25	0,261	0,141
13/12/91	31	2636	1,86	534,0	1,44	0,49	0,52	0,48	0,569	0,476
20/12/91	38	3528	3,79	669,6	2,65	0,71	0,71	0,70	0,886	0,803
27/12/91	45	2476	3,83	801,0	3,94	0,73	0,71	0,75	0,892	0,901
03/01/92	52	3924	3,94	925,8	4,80	0,76	0,71	0,68	0,902	0,913
10/01/92	59	4096	3,10	1055,1	4,91	0,64	0,69	0,66	0,819	0,913
17/01/92	66	4036	3,07	1175,2	4,23	0,64	0,68	0,74	0,817	0,908
24/01/92	73	3768	3,06	1322,4	2,83	0,62	0,68	0,72	0,808	0,827
31/01/92	80	3072	2,80	1461,6	1,55					
07/02/92	87	3257	0,55	1602,2	0,67					
F1										
04/11/91	Semeadura			(1b)	(2b)	(3b)	(4b)	(5b)	(6b)	(7b)
22/11/91	10	4752	0,07	143,0	0,09	0,17	0,03	0,04	0,011	0,003
29/11/91	17	3260	0,24	273,7	0,27	0,23	0,09	0,11	0,052	0,028
06/12/91	24	3820	0,85	401,5	0,68	0,37	0,28	0,26	0,256	0,154
13/12/91	31	2636	1,95	534,0	1,48	0,49	0,55	0,50	0,585	0,496
20/12/91	38	3528	4,16	669,6	2,70	0,78	0,73	0,73	0,913	0,817
27/12/91	45	2476	3,77	801,0	4,03	0,76	0,73	0,79	0,896	0,910
03/01/92	52	3924	3,75	925,8	4,96	0,74	0,73	0,72	0,891	0,923
10/01/92	59	4096	3,74	1055,1	5,18	0,71	0,73	0,69	0,883	0,923
17/01/92	66	4036	3,48	1175,2	4,60	0,65	0,72	0,76	0,851	0,921
24/01/92	73	3768	3,36	1322,4	3,23	0,64	0,72	0,77	0,839	0,872
31/01/92	80	3072	2,89	1461,6	1,87					
07/02/92	87	3257	0,79	1602,2	0,88					
F2										
04/11/91	Semeadura				(8b)	(9b)	(10b)			
22/11/91	10	4752	0,05	143,0	0,07	0,17	0,02	0,03	0,008	0,002
29/11/91	17	3260	0,23	273,7	0,23	0,23	0,10	0,10	0,050	0,022
06/12/91	24	3820	0,91	401,5	0,59	0,39	0,36	0,25	0,284	0,132
13/12/91	31	2636	1,57	534,0	1,31	0,49	0,54	0,49	0,511	0,451
20/12/91	38	3528	3,33	669,6	2,41	0,69	0,69	0,72	0,854	0,782
27/12/91	45	2476	3,35	801,0	3,61	0,72	0,69	0,76	0,865	0,890
03/01/92	52	3924	3,43	925,8	4,44	0,74	0,69	0,67	0,875	0,903
10/01/92	59	4096	3,20	1055,1	4,61	0,67	0,70	0,65	0,839	0,901
17/01/92	66	4036	3,12	1175,2	4,04	0,65	0,70	0,73	0,825	0,900
24/01/92	73	3768	2,90	1322,4	2,78	0,62	0,70	0,75	0,793	0,833
31/01/92	80	3072	2,58	1461,6	1,57					
07/02/92	87	3257	0,62	1602,2	0,71					

(1a,b) = Soma dos Graus-dia

$$(2a) = 0,01993484 \cdot \text{EXP}(0,01071369 \cdot \text{GD} + (-0,0000052134) \cdot \text{GD}^2) \quad R^2 = 0,960$$

$$(2b) = 0,02091542 \cdot \text{EXP}(0,01090162 \cdot \text{GD} + (-0,0000052868) \cdot \text{GD}^2) \quad R^2 = 0,955 \quad (3a,b) = k = (\ln I_o - \ln I) / \text{IAF}$$

$$(4a) = (0,440075 \cdot \text{IAF-obs.}) + (-0,065968 \cdot (\text{IAF-obs.})^2) \quad R^2 = 0,965$$

$$(4b) = (0,375758 \cdot \text{IAF-obs.}) + (-0,04814 \cdot (\text{IAF-obs.})^2) \quad R^2 = 0,955$$

$$(5a) = (0,435852 \cdot \text{IAF-est.}) + (-0,062896 \cdot (\text{IAF-est.})^2) \quad R^2 = 0,973$$

$$(5b) = (0,417771 \cdot \text{IAF-est.}) + (-0,055119 \cdot (\text{IAF-est.})^2) \quad R^2 = 0,977$$

$$(6a,b) = (1 - (\text{EXP}(-K \cdot \text{obs.} \cdot \text{IAF-obs.}))^{0,95})$$

$$(7a,b) = (1 - (\text{EXP}(-K \cdot \text{ajust.} \cdot \text{IAF-est.}))^{0,95})$$

$$(8a) = 0,01742483 \cdot \text{EXP}(0,01125395 \cdot \text{GD} + (-0,000005997) \cdot (\text{GD})^2) \quad R^2 = 0,943$$

$$(8b) = 0,01665214 \cdot \text{EXP}(0,011008594 \cdot \text{GD} + (-0,0000054562) \cdot (\text{GD})^2) \quad R^2 = 0,949$$

$$(9a) = (0,36819 \cdot \text{IAF-obs.}) + (-0,047445 \cdot (\text{IAF-obs.})^2) \quad R^2 = 0,960$$

$$(9b) = (0,45987 \cdot \text{IAF-obs.}) + (-0,075503 \cdot (\text{IAF-obs.})^2) \quad R^2 = 0,959$$

$$(10a) = (0,419682 \cdot \text{IAF-est.}) + (-0,0581 \cdot (\text{IAF-est.})^2) \quad R^2 = 0,976$$

$$(10b) = (0,46903 \cdot \text{IAF-est.}) + (-0,071392 \cdot (\text{IAF-est.})^2) \quad R^2 = 0,972$$

TABELA 2 - Dados e retiros utilizados na estimativa do rendimento máximo (Ym) da cultura do girassol com base na radiação solar absorvida pela comunidade vegetal durante a estação de crescimento de 1992/93, no município de Taquari-RS. Ajuste individual por cultivar em cada época de semeadura

Época: Cultivar: Datas:	Dias após Emerg.	Rad.Glob. Semanal (cal/cm2)	IAF Obs.	Soma Graus dia (°C)	IAF Est. GD	Coef. K Obs.	K/ajust. pelo IA/Fobs.	K/ajust. pelo IAF/est.	Ea K-IAF Obs.	Ea K-IAF Calc.
Época-1 (E1) GR-16				(1a)	(2a)	(3a)	(4a)	(5a)	(6a)	(7a)
Semeadura										
26/08/92	20	6632	0,15	236,0	0,18	0,20	0,06	0,07	0,028	0,013
28/09/92	24	1628	0,35	292,7	0,32	0,21	0,13	0,13	0,067	0,038
09/10/92	31	3236	0,81	373,6	0,66	0,30	0,29	0,25	0,205	0,142
16/10/92	38	3536	1,83	486,7	1,46	0,48	0,53	0,47	0,555	0,472
23/10/92	45	2900	1,92	577,4	2,33	0,55	0,55	0,62	0,620	0,726
30/10/92	52	3156	3,01	688,6	3,36	0,65	0,66	0,67	0,816	0,849
06/11/92	59	3440	3,07	782,9	3,84	0,67	0,66	0,64	0,829	0,869
13/11/92	66	3736	3,36	902,9	3,59	0,69	0,67	0,66	0,856	0,861
20/11/92	73	4196	2,62	1013,5	2,67	0,62	0,64	0,65	0,763	0,783
27/11/92	80	3704	2,36	1123,9	1,59	0,60	0,61	0,50	0,719	0,520
04/12/92	87	4036	0,99	1238,1	0,73					
08/12/92	91	2332	0,26	1310,6	0,39					
GR-10				(8a)			(9a)	(10a)		
Semeadura										
26/08/92	20	6632	0,14	236,0	0,21	0,25	0,07	0,10	0,033	0,020
28/09/92	24	1628	0,30	293,0	0,32	0,30	0,15	0,15	0,082	0,045
09/10/92	31	3236	0,68	374,0	0,54	0,43	0,31	0,25	0,241	0,120
16/10/92	38	3536	1,40	487,0	1,04	0,51	0,55	0,44	0,485	0,346
23/10/92	45	2930	1,83	577,0	1,61	0,56	0,64	0,60	0,609	0,588
30/10/92	52	3126	3,18	689,0	2,49	0,66	0,72	0,76	0,834	0,805
06/11/92	59	3440	3,47	783,0	3,29	0,69	0,70	0,79	0,863	0,879
13/11/92	66	3736	3,56	903,0	4,17	0,71	0,69	0,71	0,874	0,901
20/11/92	73	4196	3,65	1014,0	4,62	0,72	0,67	0,62	0,881	0,897
27/11/92	80	3704	3,60	1124,0	4,59	0,70	0,68	0,63	0,874	0,898
04/12/92	87	4036	3,55	1238,0	4,05	0,68	0,69	0,73	0,865	0,901
14/12/92	97	5504	2,67	1418,0	2,61	0,63	0,73	0,77	0,773	0,822
18/12/92	101	2440	2,67	1489,0	2,02					
23/12/92	106	3048	1,24	1596,0	1,26					
Época-2 (E2) GR-16				(1b)	(2b)	(3b)	(4b)	(5b)	(6b)	(7b)
Semeadura										
28/09/92	14	6436	0,11	203,8	0,18	0,15	0,04	0,08	0,016	0,014
30/10/92	21	3156	0,66	315,0	0,43	0,23	0,23	0,19	0,134	0,074
06/11/92	28	3440	0,82	409,3	0,80	0,28	0,28	0,32	0,195	0,216
13/11/92	35	3736	2,17	529,3	1,49	0,57	0,58	0,51	0,674	0,508
20/11/92	42	4196	2,19	639,9	2,25	0,58	0,58	0,63	0,683	0,719
27/11/92	49	3704	2,73	750,3	2,89	0,63	0,64	0,65	0,780	0,805
04/12/92	56	4036	3,11	864,5	3,19	0,67	0,66	0,64	0,832	0,826
14/12/92	66	5504	2,87	1044,0	2,65	0,65	0,65	0,65	0,803	0,781
18/12/92	70	2440	1,87	1114,9	2,20	0,59	0,53	0,62	0,635	0,709
23/12/92	75	3048	1,60	1212,3	1,53					
30/12/92	82	4472	0,93	1354,1	0,73					
GR-10				(8b)			(9b)	(10b)		
Semeadura										
28/09/92	14	6436	0,08	203,8	0,14	0,14	0,02	0,05	0,011	0,007
30/10/92	21	3156	0,45	315,0	0,38	0,16	0,12	0,14	0,066	0,049
06/11/92	28	3440	1,04	409,0	0,76	0,30	0,27	0,26	0,255	0,173
13/11/92	35	3736	2,54	529,0	1,56	0,50	0,56	0,47	0,683	0,497
20/11/92	42	4196	2,74	639,9	2,57	0,56	0,59	0,63	0,745	0,763
27/11/92	49	3704	3,14	750,3	3,57	0,65	0,64	0,68	0,827	0,866
04/12/92	56	4036	3,33	864,5	4,22	0,68	0,66	0,65	0,851	0,888
14/12/92	66	5504	3,86	1044,0	3,86	0,72	0,72	0,67	0,891	0,878
18/12/92	70	2440	3,15	1114,9	3,31	0,67	0,64	0,68	0,835	0,849
23/12/92	75	3048	2,12	1212,3	2,39	0,61	0,49	0,61	0,689	0,732
30/12/92	82	4472	0,94	1354,1	1,19					
08/01/93	91	3060	0,36	1540,1	0,32					
11/01/93	94	1922	0,22	1599,6	0,19					

(1a,b) = Soma dos Graus-dia

(2a) = $0,008869027 \cdot \text{EXP}(0,01496309 \cdot \text{GD} + (-0,0000092072) \cdot \text{GD}^2)$ $R^2 = 0,947$

(2b) = $0,02405313 \cdot \text{EXP}(0,01118389 \cdot \text{GD} + (-0,0000063988) \cdot \text{GD}^2)$ $R^2 = 0,914$ (3a,b) = $k = (\ln I_o - \ln I) / \text{IAF}$

(4a) = $(0,402173 \cdot \text{IAF-obs.}) + (0,060757 \cdot (\text{IAF-obs.})^2)$ $R^2 = 0,964$ (4b) = $(0,391415 \cdot \text{IAF-obs.}) + (-0,057637 \cdot (\text{IAF-obs.})^2)$ $R^2 = 0,974$

(5a) = $(0,418909 \cdot \text{IAF-est.}) + (0,065546 \cdot (\text{IAF-est.})^2)$ $R^2 = 0,976$ (5b) = $(0,471068 \cdot \text{IAF-est.}) + (-0,085009 \cdot (\text{IAF-est.})^2)$ $R^2 = 0,974$

(6a,b) = $(1 - (\text{EXP}(-K \cdot \text{obs.} \cdot \text{IAF-obs.}))^{0,95})$ (7a,b) = $(1 - (\text{EXP}(-K \cdot \text{ajust.} \cdot \text{IAF-est.}))^{0,95})$

(8a) = $0,02762814 \cdot \text{EXP}(0,009672563 \cdot \text{GD} + (-0,0000045594) \cdot (\text{GD})^2)$ $R^2 = 0,955$

(8b) = $0,01506547 \cdot \text{EXP}(0,01233032 \cdot \text{GD} + (-0,0000067225) \cdot (\text{GD})^2)$ $R^2 = 0,953$

(9a) = $(0,518307 \cdot \text{IAF-obs.}) + (-0,091372 \cdot (\text{IAF-obs.})^2)$ $R^2 = 0,958$ (9b) = $(0,286018 \cdot \text{IAF-obs.}) + (-0,025962 \cdot (\text{IAF-obs.})^2)$ $R^2 = 0,972$

(10a) = $(0,501055 \cdot \text{IAF-est.}) + (-0,079211 \cdot (\text{IAF-est.})^2)$ $R^2 = 0,970$ (10b) = $(0,392194 \cdot \text{IAF-est.}) + (-0,056632 \cdot (\text{IAF-est.})^2)$ $R^2 = 0,974$

TABELA 3 - Dados e roteiro utilizados na estimativa do rendimento máximo (Ym) da cultura do girassol com base na radiação solar absorvida pela comunidade vegetal durante a estação de crescimento de 1991/92, no município de Taquari-RS. Ajuste único englobando cultivares e níveis de fertilidade do solo

Cultivar:	Dias após Emerg.	Rad. Glob. Semanal (cal/cm ²)	IAF Obs.	Soma Graus Dia (°C)	IAF Calc. GD	Coef. K Obs.	K/calc. pelo IAF/obs.	K/calc. pelo IAF/calc	Ea K-IAF Obs.	Ea K-IAF Calc.
GR-18				(1a)	(2a)	(3a)	(4a)	(5a)	(6a)	(7a)
04/11/91	Semeadura									
22/11/91	10	4752	0,06	143,0	0,09	0,17	0,02	0,04	0,010	0,003
29/11/91	17	3260	0,25	273,7	0,26	0,23	0,09	0,12	0,054	0,029
06/12/91	24	3820	0,87	401,5	0,64	0,35	0,30	0,27	0,250	0,153
13/12/91	31	2636	1,66	534,0	1,36	0,49	0,50	0,50	0,530	0,467
20/12/91	38	3528	3,69	669,6	2,39	0,71	0,70	0,69	0,881	0,767
27/12/91	45	2476	3,55	801,0	3,42	0,70	0,70	0,72	0,871	0,869
03/01/92	52	3924	3,53	925,8	4,05	0,68	0,70	0,66	0,864	0,884
10/01/92	59	4096	3,51	1055,1	4,04	0,67	0,70	0,66	0,860	0,884
17/01/92	66	4036	3,49	1175,2	3,43	0,65	0,70	0,72	0,852	0,870
24/01/92	73	3768	3,18	1322,4	2,27	0,63	0,69	0,68	0,822	0,746
31/01/92	80	3072	2,64	1461,6	1,24					
07/02/92	87	3257	0,83	1602,2	0,54					
GR-10					(8a)		(9a)	(10a)		
04/11/91	Semeadura									
22/11/91	10	4752	0,06	143,0	0,09	0,17	0,02	0,04	0,010	0,003
29/11/91	17	3260	0,22	273,7	0,26	0,23	0,08	0,12	0,048	0,029
06/12/91	24	3820	0,89	401,5	0,64	0,36	0,30	0,27	0,261	0,153
13/12/91	31	2636	1,86	534,0	1,36	0,49	0,54	0,50	0,569	0,467
20/12/91	38	3528	3,79	669,6	2,39	0,71	0,69	0,69	0,886	0,767
27/12/91	45	2476	3,83	801,0	3,42	0,73	0,69	0,72	0,892	0,869
03/01/92	52	3924	3,94	925,8	4,05	0,76	0,69	0,66	0,902	0,884
10/01/92	59	4096	3,10	1055,1	4,04	0,64	0,68	0,66	0,819	0,884
17/01/92	66	4036	3,07	1175,2	3,43	0,64	0,68	0,72	0,817	0,870
24/01/92	73	3768	3,06	1322,4	2,27	0,62	0,68	0,68	0,808	0,746
31/01/92	80	3072	2,80	1461,6	1,24					
07/02/92	87	3257	0,55	1602,2	0,54					
F1				(1b)	(2b)	(3b)	(4b)	(5b)	(6b)	(7b)
04/11/91	Semeadura									
22/11/91	10	4752	0,07	143,0	0,09	0,17	0,03	0,04	0,011	0,003
29/11/91	17	3260	0,24	273,7	0,26	0,23	0,09	0,12	0,052	0,029
06/12/91	24	3820	0,85	401,5	0,64	0,37	0,29	0,27	0,257	0,153
13/12/91	31	2636	1,95	534,0	1,36	0,49	0,55	0,50	0,585	0,467
20/12/91	38	3528	4,16	669,6	2,39	0,78	0,68	0,69	0,913	0,767
27/12/91	45	2476	3,77	801,0	3,42	0,76	0,70	0,72	0,896	0,869
03/01/92	52	3924	3,75	925,8	4,05	0,74	0,70	0,66	0,891	0,884
10/01/92	59	4096	3,74	1055,1	4,04	0,71	0,70	0,66	0,883	0,884
17/01/92	66	4036	3,48	1175,2	3,43	0,65	0,70	0,72	0,851	0,870
24/01/92	73	3768	3,36	1322,4	2,27	0,64	0,69	0,68	0,839	0,746
31/01/92	80	3072	2,89	1461,6	1,24					
07/02/92	87	3257	0,79	1602,2	0,54					
F2					(8b)		(9b)	(10b)		
04/11/91	Semeadura									
22/11/91	10	4752	0,05	143,0	0,09	0,17	0,02	0,04	0,008	0,003
29/11/91	17	3260	0,23	273,7	0,26	0,23	0,09	0,12	0,050	0,029
06/12/91	24	3820	0,91	401,5	0,64	0,39	0,31	0,27	0,284	0,153
13/12/91	31	2636	1,57	534,0	1,36	0,49	0,48	0,50	0,511	0,467
20/12/91	38	3528	3,33	669,6	2,39	0,69	0,69	0,69	0,854	0,767
27/12/91	45	2476	3,35	801,0	3,42	0,72	0,69	0,72	0,865	0,869
03/01/92	52	3924	3,43	925,8	4,05	0,74	0,70	0,66	0,875	0,884
10/01/92	59	4096	3,20	1055,1	4,04	0,67	0,69	0,66	0,839	0,884
17/01/92	66	4036	3,12	1175,2	3,43	0,65	0,69	0,72	0,825	0,870
24/01/92	73	3768	2,90	1322,4	2,27	0,62	0,67	0,68	0,793	0,746
31/01/92	80	3072	2,58	1461,6	1,24					
07/02/92	87	3257	0,62	1602,2	0,54					

(1a,b) = Soma dos Graus-dia

(2a,b), (8a,b) = $0,02121196 \cdot \text{EXP}(0,01066667 \cdot \text{GD}) + (-0,0000053932) \cdot \text{GD}^2$

$R^2 = 0,840$

(3a,b) = $k = (\ln f_0 - \ln f) / \text{IAF}$

(4a,b), (9a,b) = $(0,389907 \cdot \text{IAF} - \text{obs.}) + (-0,054522 \cdot (\text{IAF} - \text{obs.})^2)$

$R^2 = 0,931$

(5a,b), (10a,b) = $(0,470914 \cdot \text{IAF} - \text{calc.}) + (-0,076162 \cdot (\text{IAF} - \text{calc.})^2)$

$R^2 = 0,969$

(6a,b) = $(1 - (\text{EXP}(-K \cdot \text{obs.} \cdot \text{IAF} - \text{obs.}))) \cdot 0,95$

(7a,b) = $(1 - (\text{EXP}(-K \cdot \text{calc.} \cdot \text{IAF} - \text{calc.}))) \cdot 0,95$

TABELA 4 - Dados e roteiro utilizados na estimativa do rendimento máximo (Ym) da cultura do girassol com base na radiação solar absorvida pela comunidade vegetal durante a estação de crescimento de 1992/93, no município de Taquari-RS. Ajuste único englobando as duas cultivares nas duas épocas de semeadura

Época: Cultivar: Datas:	Dias após Emerg.	Rad.Glob. Semanal (cal/cm2)	IAF Obs.	Soma Graus Dia (°C)	IAF Calc. GD	Coef. K Obs.	K/calc. pelo IAF/obs.	K/calc. pelo IAF/calc	Ea K-IAF Obs.	Ea K-IAF Calc.
Época-1 (E1)	GR-16			(1a)	(2a)	(3a)	(4a)	(5a)	(6a)	(7a)
26/08/92	Semeadura									
28/09/92	20	6632	0,2	236,0	0,2	0,20	0,06	0,09	0,028	0,016
02/10/92	24	1628	0,4	292,7	0,3	0,21	0,13	0,14	0,067	0,038
09/10/92	31	3236	0,8	373,6	0,5	0,30	0,28	0,23	0,205	0,111
16/10/92	38	3536	1,8	486,7	1,1	0,48	0,53	0,41	0,555	0,338
23/10/92	45	2900	1,9	577,4	1,7	0,55	0,55	0,57	0,620	0,583
30/10/92	52	3156	3,0	688,6	2,5	0,65	0,68	0,71	0,816	0,792
06/11/92	59	3440	3,1	782,9	3,3	0,67	0,68	0,72	0,829	0,863
13/11/92	66	3736	3,4	902,9	4,0	0,69	0,69	0,67	0,856	0,883
20/11/92	73	4196	2,6	1013,5	4,1	0,62	0,65	0,65	0,763	0,884
27/11/92	80	3704	2,4	1123,9	3,8	0,60	0,62	0,69	0,719	0,880
04/12/92	87	4036	1,0	1238,1	3,0					
08/12/92	91	2332	0,3	1310,6	2,4					
	GR-10				(8a)		(9a)	(10a)		
26/08/92	Semeadura									
28/09/92	20	6632	0,1	236,0	0,2	0,25	0,05	0,09	0,033	0,016
02/10/92	24	1628	0,3	293,0	0,3	0,30	0,11	0,14	0,082	0,038
09/10/92	31	3236	0,7	374,0	0,5	0,43	0,24	0,23	0,241	0,111
16/10/92	38	3536	1,4	487,0	1,1	0,51	0,44	0,41	0,485	0,339
23/10/92	45	2930	1,8	577,0	1,7	0,56	0,53	0,57	0,609	0,582
30/10/92	52	3126	3,2	689,0	2,5	0,66	0,69	0,71	0,834	0,793
06/11/92	59	3440	3,5	783,0	3,3	0,69	0,70	0,72	0,863	0,863
13/11/92	66	3736	3,6	903,0	4,0	0,71	0,70	0,67	0,874	0,883
20/11/92	73	4196	3,7	1014,0	4,1	0,72	0,70	0,65	0,881	0,884
27/11/92	80	3704	3,6	1124,0	3,8	0,70	0,70	0,69	0,874	0,880
04/12/92	87	4036	3,6	1238,0	3,0	0,68	0,70	0,73	0,865	0,840
14/12/92	97	5504	2,7	1418,0	1,5	0,63	0,65	0,54	0,773	0,537
18/12/92	101	2440	2,7	1489,0	1,1					
23/12/92	106	3048	1,2	1596,0	0,6					
	GR-10			(1b)	(2b)	(3b)	(4b)	(5b)	(6b)	(7b)
28/09/92	Semeadura									
23/10/92	14	6436	0,1	203,8	0,1	0,15	0,04	0,07	0,016	0,010
30/10/92	21	3156	0,7	315,0	0,4	0,23	0,23	0,16	0,134	0,052
06/11/92	28	3440	0,8	409,3	0,7	0,28	0,28	0,28	0,195	0,166
13/11/92	35	3736	2,2	529,0	1,3	0,57	0,59	0,49	0,674	0,454
20/11/92	42	4196	2,2	639,9	2,1	0,58	0,59	0,66	0,683	0,720
27/11/92	49	3704	2,7	750,3	3,0	0,63	0,66	0,73	0,780	0,847
04/12/92	56	4036	3,1	864,5	3,8	0,67	0,69	0,69	0,832	0,881
14/12/92	66	5504	2,9	1044,0	4,1	0,65	0,67	0,65	0,803	0,884
18/12/92	70	2440	1,9	1114,9	3,8	0,59	0,54	0,69	0,635	0,881
23/12/92	75	3048	1,6	1212,3	3,2					
30/12/92	82	4472	0,9	1354,1	2,0					
	GR-10			(8b)	(9b)	(10b)				
28/09/92	Semeadura									
23/10/92	14	6436	0,1	203,8	0,1	0,14	0,03	0,07	0,011	0,010
30/10/92	21	3156	0,5	315,0	0,4	0,16	0,16	0,16	0,066	0,052
06/11/92	28	3440	1,0	409,0	0,7	0,30	0,35	0,28	0,255	0,165
13/11/92	35	3736	2,5	529,0	1,3	0,50	0,64	0,49	0,683	0,453
20/11/92	42	4196	2,7	639,9	2,1	0,56	0,66	0,66	0,745	0,720
27/11/92	49	3704	3,1	750,3	3,0	0,65	0,69	0,73	0,827	0,847
04/12/92	56	4036	3,3	864,5	3,8	0,68	0,69	0,69	0,851	0,881
14/12/92	66	5504	3,9	1044,0	4,1	0,72	0,69	0,65	0,891	0,884
18/12/92	70	2440	3,2	1114,9	3,8	0,67	0,69	0,69	0,835	0,881
23/12/92	75	3048	2,1	1212,3	3,2	0,61	0,58	0,73	0,689	0,855
30/12/92	82	4472	0,9	1354,1	2,0					
08/01/93	91	3060	0,4	1540,1	0,8					
11/01/93	94	1922	0,2	1599,6	0,6					

(1a,b) = Soma dos Graus-dias

(2a,b), (8a,b) = $0,02121196 * \text{EXP}(0,01066667 * \text{GD} + (-0,0000053932) * \text{GD}^2)$ $R^2 = 0,840$

(3a,b) = $k = (\ln I_0 - \ln I) / \text{IAF}$

(4a,b), (9a,b) = $(0,389907 * \text{IAF-obs.}) + (-0,054522 * (\text{IAF-obs.})^2)$ $R^2 = 0,931$

(5a,b), (10a,b) = $(0,470914 * \text{IAF-calc.}) + (-0,076162 * (\text{IAF-calc.})^2)$ $R^2 = 0,954$

(6a,b) = $(1 - (\text{EXP}(-K \cdot \text{obs.} * \text{IAF-obs.})))^{0,95}$

(7a,b) = $(1 - (\text{EXP}(-K \cdot \text{calc.} * \text{IAF-calc.})))^{0,95}$

TABELA 5 - Fenologia, fundamentada na duração dos subperíodos de desenvolvimento e na soma térmica efetiva (Graus-dia) com temperatura base de 5°C, das cultivares de girassol avaliadas nas estações de crescimento de 1991/92 e 1992/93, no município de Taquari, Rio Grande do Sul

Semeadura:	04/11/1991		26/08/1992		28/09/1992	
Emergência:	12/11/1991		08/09/1992		09/10/1992	
Cultivares:	GR-18	GR-10	GR-16	GR-10	GR-16	GR-10
Estádios*	Datas		Datas		Datas	
Dif.P.Flor. (R1)	15/12	17/12	22/10	27/10	15/11	21/11
**E-R1 (dias)	33	35	44	49	37	43
Graus-dia	570	607	563	651	564	658
Inic. Antese (R5)	02/01	05/01	05/11	17/11	30/11	08/12
E-R5 (dias)	51	54	58	70	52	60
Graus-dia	882	963	773	966	801	937
Final Antese (R6)	15/01	17/01	21/11	30/11	12/12	20/12
E-R6 (dias)	64	66	74	83	64	72
Graus-dia	1147	1175	1031	1174	1007	1155
Maturação (R9)	31/01	07/02	08/12	24/12	30/12	08/01
E-R9 (dias)	80	87	91	107	81	91
Graus-dia	1461	1602	1310	1617	1354	1540

* Fenologia fundamentada na escala proposta por SCHNEITER e MILLER (1981).

** E = Emergência das plantas.

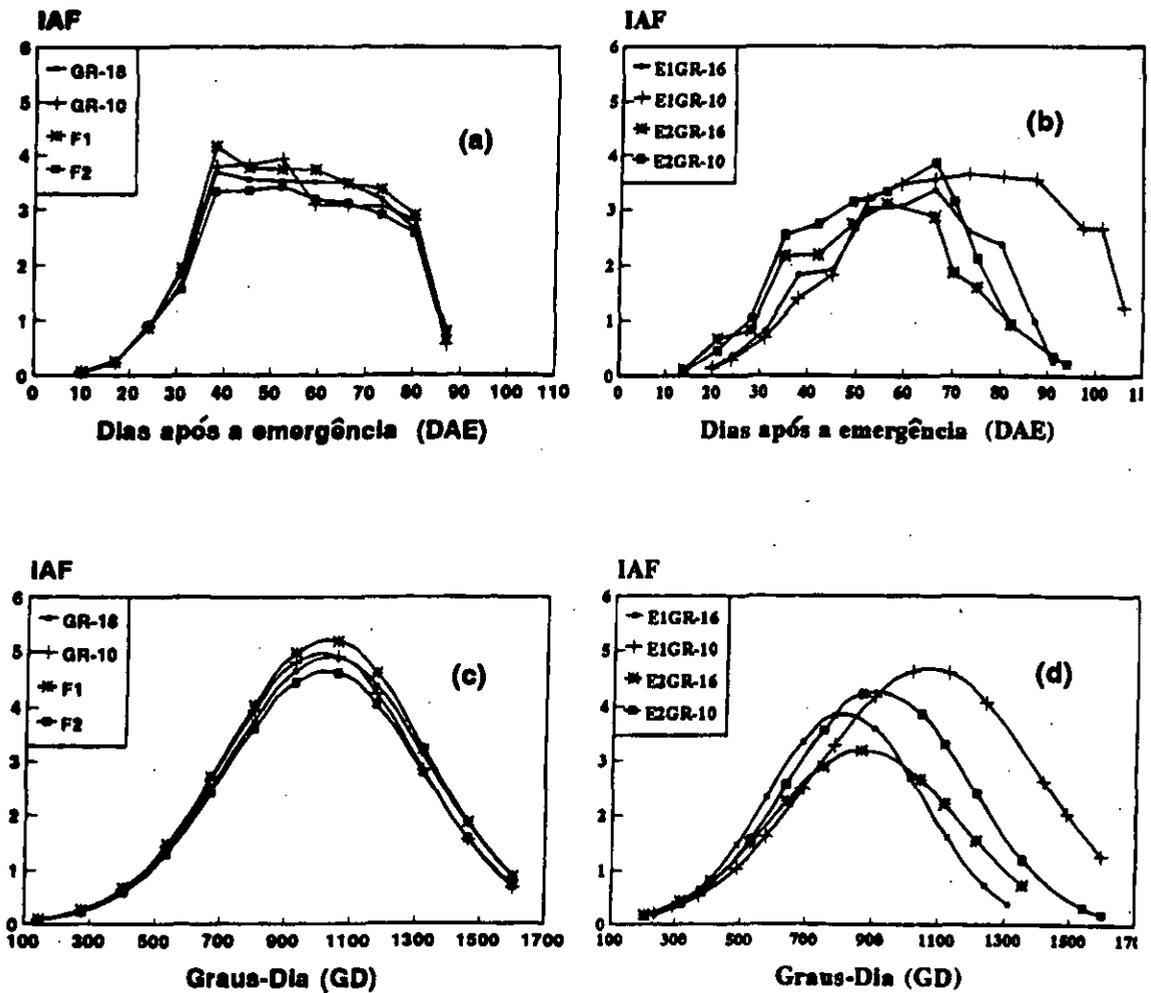


FIGURA 1 – Índice de área foliar (IAF) de girassol, em resposta a cultivares, níveis de adubação e épocas de semeadura, Taquari, RS. Valores observados como função de dias após a emergência (a, 1991/92; b, 1992/93); e calculados com a função de graus-dia (c, 91/92; d, 92/93)

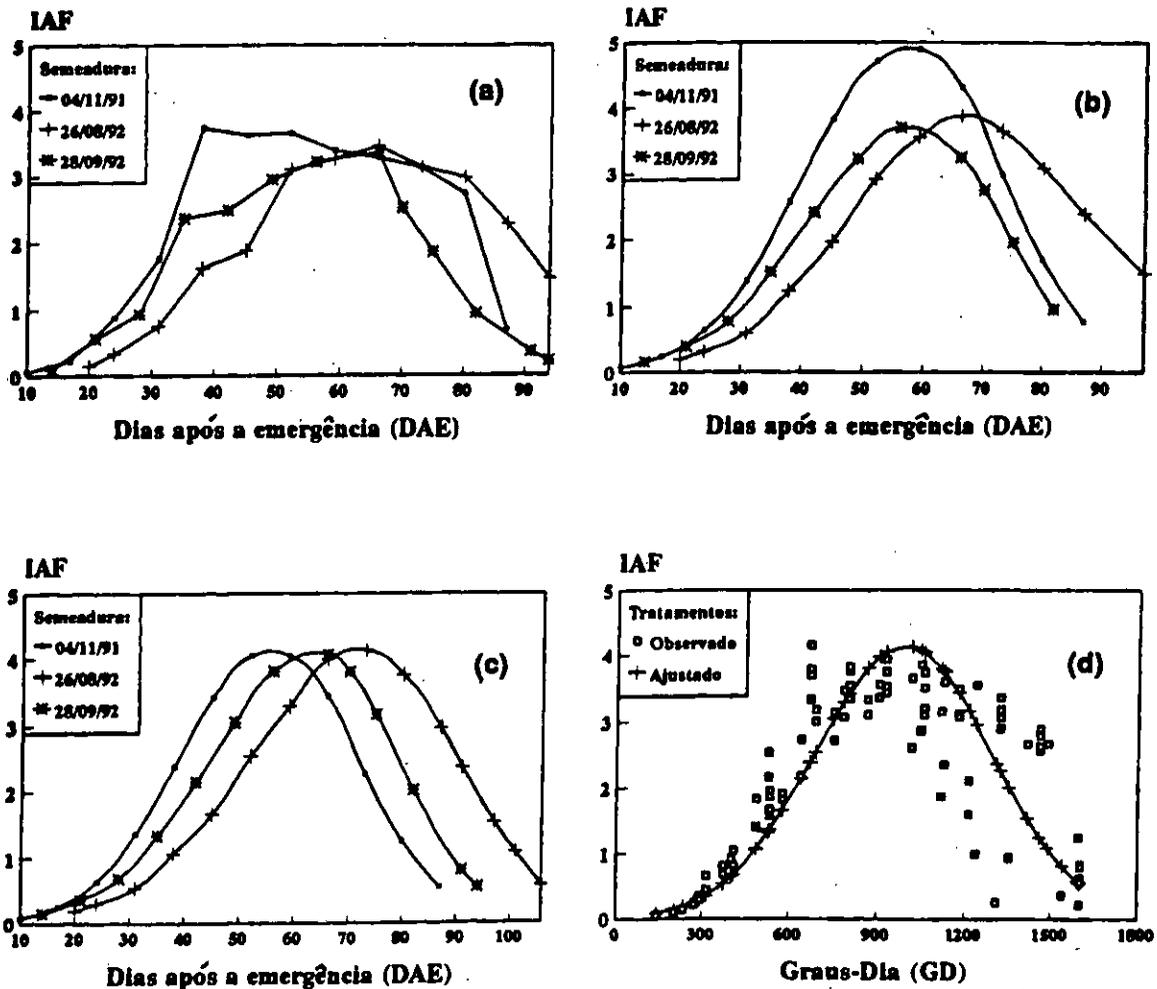


FIGURA 2 – Índice de área foliar (IAF) de grassol, em resposta a épocas de semeadura, na média de cultivares e níveis de adubação, Taquari, RS. Valores observados como função de DAE (a); calculados pelo ajuste dentro de cada época como função de DAE (b); calculados pelo ajuste entre épocas como função de DAE (c); calculado pelo ajuste geral como função de graus-dia (d)

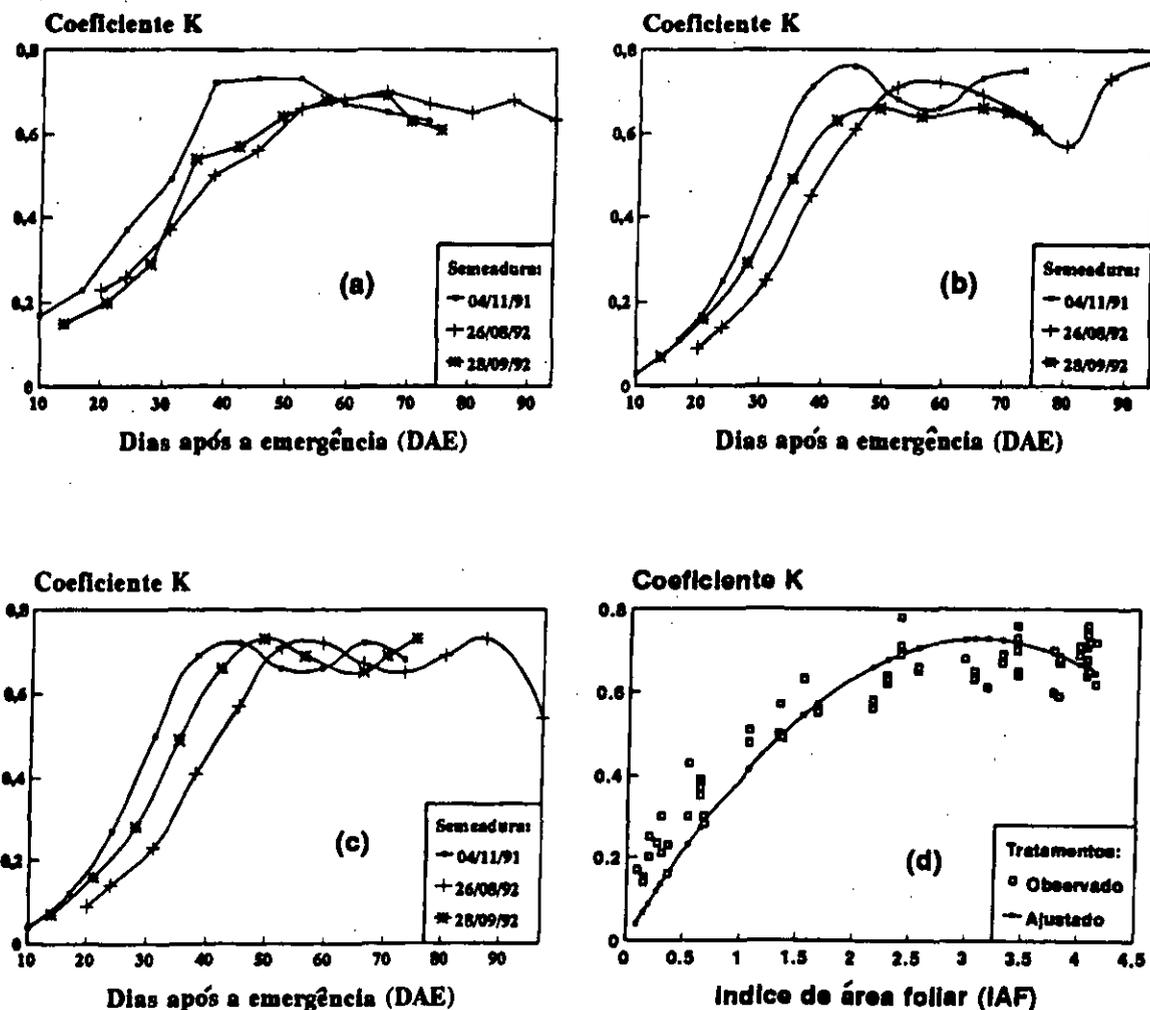


FIGURA 3 – Coeficiente de extinção (K) de girassol, em resposta a épocas de semeadura, na média de cultivares e níveis de adubação, Taquari, RS. Valores observados como função de DAE (a); calculados pelo ajuste dentro de cada época em função de DAE (b); calculados pelo ajuste entre épocas em função de DAE (c); calculado pelo ajuste geral como função de IAF (d)

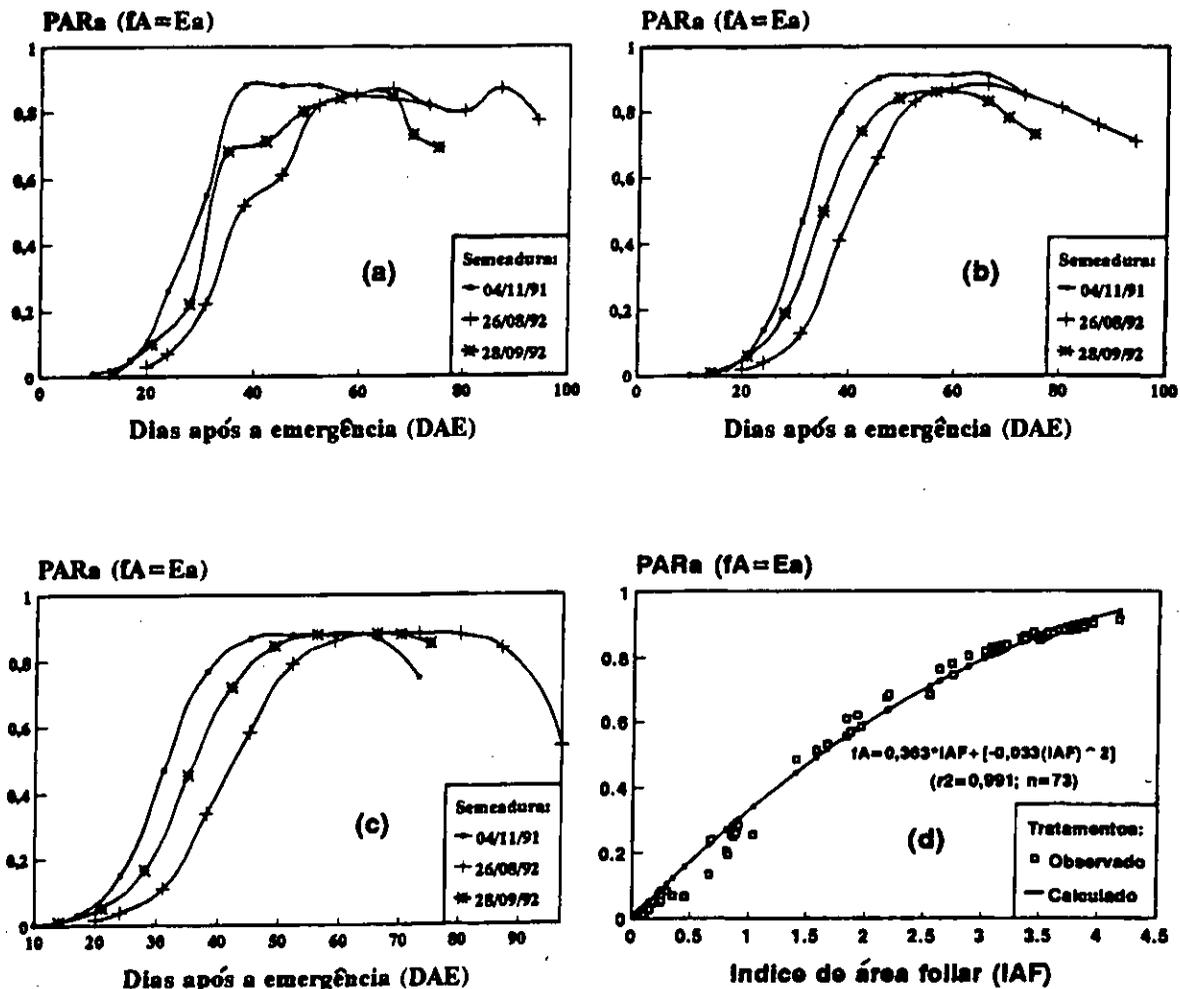


FIGURA 4 – Fração (fA) da radiação solar fotossinteticamente ativa absorvida (PARa) pelo dossel de girassol, em resposta a épocas de semeadura, na média de cultivares e níveis de adubação, Taquari, RS. Valores observados como função de DAE (a); calculados pelo ajuste dentro de cada época como função de DAE (b); calculados pelo ajuste entre épocas como função de DAE (c); calculado pelo ajuste geral como função de IAF (d)