

# BORO E ESTRESSE HÍDRICO NA PRODUÇÃO DO GIRASSOL<sup>1</sup>

## Boron and water stress on yield of sunflower

César de Castro<sup>2</sup>, Adônis Moreira<sup>3</sup>, Ricardo Ferraz de Oliveira<sup>4</sup>,  
Antonio Roque Dechen<sup>4</sup>

### RESUMO

Com este trabalho, objetivou-se estudar sob condições de casa-de-vegetação, o efeito da interação doses boro e estresse hídrico na produção de matéria seca total, produção de aquênios e conteúdo de óleo em girassol cultivado em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura média. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Foram estudadas quatro doses de B: 0, 0,25, 0,5 e 2,0 mg kg<sup>-1</sup>, aplicado na forma de ácido bórico e quatro fases de controle de umidade: sem estresse hídrico durante o ciclo, com estresse hídrico durante o ciclo, estresse hídrico a partir do florescimento e estresse hídrico a partir do enchimento de aquênios. Os resultados mostraram que, independentemente da fase de aplicação ou não de estresse hídrico, a dose 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de B acarretou na maior produção de matéria seca total, produção de aquênios e rendimento de óleo por capítulo. A aplicação de estresse hídrico a partir do início do florescimento ou no enchimento de aquênios acarreta em menor produção de matéria seca total, de aquênios e de óleo.

**Termos para indexação:** *Helianthus annuus*, casa-de-vegetação, nutrição vegetal, produção de aquênios, teor de óleo.

### ABSTRACT

The objective of this work was to study under greenhouse conditions, the effect of the interaction between boron rates and phases of water stress on total dry matter production, achene production, oil content and development of sunflower tillage in dystrophic Red Yellow Latosol of medium texture. The experimental design consisted of casual blocks, using factorial scheme 4x4, with four replicates. The treatments studied were: Four boron rates: 0, 0,25, 0,5 e 2,0 mg kg<sup>-1</sup>, applied through the boric acid form, and four period of soil water content: without water stress for the whole cycle, with water stress during the whole cycle, with stress after beginning of flowering and with water stress after beginning of grain filling. The results showed that independently of the presence or not of water stress, the 0,5 mg dm<sup>-3</sup> of B was the best rate which presented the highest total dry matter production, achenes production and oil production. The absent water in soil after beginning of flowering and beginning of achenes filling resulted in small production of total dry matter, of achenes and of oil.

**Index terms:** *Helianthus annuus*, greenhouse, mineral nutrition, oil content, achene production.

(Recebido para publicação em 3 de janeiro de 2005 e aprovado em 17 de janeiro de 2006)

### INTRODUÇÃO

Comparando com outras culturas, o girassol é uma espécie caracterizada pela pouca eficiência na absorção de boro (BLAMEY & CHAPMAN, 1982), apresentando com frequência nas áreas de cultivo, sintomas de deficiência, principalmente, nas fases de florescimento e maturação dos grãos, com drástica redução na produção (CASTRO et al., 1996).

O boro é um elemento de baixa mobilidade dentro do floema, e conseqüentemente, os sintomas de sua deficiência se manifestam nos tecidos jovens ou recém-formados (ADRIANO, 1986; MALAVOLTA et al., 1997). No estágio de florescimento, a carência desse nutriente acarreta deformação do tubo polínico não ocorrendo a fertilização, produzindo sementes chochas em alta

porcentagem (CALLE-MANZANO, 1985). Apesar do papel fisiológico desse nutriente ainda não estar totalmente entendido, sabe-se da sua importância na formação da parede celular, mais especificamente na síntese de componentes, como a pectina, a celulose e a lignina (MARSCHNER, 1995; MORAES et al., 2002) e no transporte de glucídios (RICHTER, 1993).

Segundo Guterres et al. (1988) e Sfredo et al. (1984), o período em que ocorre maior taxa de absorção de nutrientes é na fase imediatamente após a formação do botão floral até o florescimento. Nesse período, também é grande o consumo de água pelas plantas, sendo nessa fase, importante que ocorra um equilíbrio entre a quantidade dos nutrientes no solo e o volume de água dentro do sistema.

<sup>1</sup> Parte da Tese de doutorado em Solos e Nutrição de Plantas do primeiro autor apresentada à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) – Cx. P. 96 – 13418-900 – Piracicaba, SP.

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Soja – Cx. P. 231 – 86001-970 – Londrina, PR – ccastro@cnpso.embrapa.br

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste – Cx. P. 339 – 15560-970 – São Carlos, SP – adonis@cnpse.embrapa.br – Bolsista CNPq.

<sup>4</sup> Professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Cx. P. 96 – 13418-900 – Piracicaba, SP – rfolivei@esalq.usp.br ; ardechen@esalq.usp.br

O B é absorvido em quase sua totalidade por fluxo de massa (MALAVOLTA et al., 1997), e apesar da baixa eficiência na absorção desse nutriente em condições de déficit hídrico, o girassol é frequentemente plantado em áreas não-irrigadas. Segundo Carter (1978), a necessidade de água para o girassol vai aumentando com o desenvolvimento da planta, partindo de valores ao redor de 0,5 a 1,0 mm por dia durante a fase de semeadura à emergência para um máximo de 6,0 a 7,0 mm por dia na floração e no enchimento de grãos, decrescendo após esse período.

Robelin (1967) destaca a sensibilidade do girassol à seca 20 dias antes e 20 dias após a floração, época em que o déficit hídrico diminui consideravelmente a produção de aquênios e o conteúdo de óleo. O mesmo autor verificou que a maior sensibilidade à seca sobre o conteúdo de óleo ocorre nos dez primeiros dias após o secamento das flores liguladas, sendo essa fase, a mais crítica para sua produção.

Partido desses fatos, com este trabalho, objetivou-se estudar o efeito da interação entre doses de boro e estresse hídrico na produção matéria seca total, produção de aquênios e teor e produtividade de óleo do girassol.

### MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em condições de casa-de-vegetação localizada no Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, nas coordenadas 22°42'03" S e 47°38'01" W, município de Piracicaba, Estado de São Paulo.

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média argilosa, fase cerradão, coletado nas coordenadas 22°01' S e 47°53' W, município de São Carlos, Estado de São Paulo, com as seguintes características químicas: pH (CaCl<sub>2</sub>), 4,05; P (resina), 1,5 mg dm<sup>-3</sup>; MO, 17,1 g dm<sup>-3</sup>; K (resina), 0,38 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca (resina), 1,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg (resina), 1,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al, 59,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; B (água quente), 0,27 mg dm<sup>-3</sup>; Cu (DTPA-TEA), 0,8 mg dm<sup>-3</sup>; Fe (DTPA-TEA), 42,1 mg dm<sup>-3</sup>; Mn (DTPA-TEA), 3,2 mg dm<sup>-3</sup>; Zn (DTPA-TEA), 0,20 mg dm<sup>-3</sup>.

As plantas foram cultivadas em vasos de plástico, com dez litros de capacidade, vazada no fundo e protegida com tela de náilon para evitar perda de solo. A acidez do solo foi corrigida 30 dias antes do plantio com CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> na relação 3:1, visando elevar o índice de saturação por bases ao valor de 60%. Exceto o B, a adubação dos demais nutrientes foram realizadas com as seguintes quantidades, mg kg<sup>-1</sup>: N, 60; P, 200; K, 60; Ca, 129; Mg, 27; S, 44; Cu, 1,5; Fe, 5,0; Mn, 10,0; Mo, 0,5 e Zn, 5,0. Posteriormente, foram realizadas adubações de cobertura

com 140 mg kg<sup>-1</sup> de N e 140 mg kg<sup>-1</sup> de K, parceladas em duas vezes. A semeadura foi realizada com cinco sementes por vaso do híbrido Morgan 738, deixando onze dias após a emergência somente uma planta por vaso.

Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro doses de B (0; 0,25; 0,50 e 2,00 mg kg<sup>-1</sup> aplicado na forma de ácido bórico) e quatro fases de aplicação de estresse hídrico [sem estresse hídrico (SEM), com estresse hídrico (COM), estresse hídrico a partir do início do florescimento (IFL) e estresse hídrico a partir do enchimento de aquênios (IEA)], com quatro repetições.

A partir da curva de retenção, foram definidas as quantidades de água, sendo 1,2 litros por vaso para os tratamentos SEM, IFL e IEA e 0,9 litros por vaso para o tratamento COM. Para o monitoramento da umidade do solo, os vasos foram pesados duas vezes ao dia para repor a quantidade de água perdida.

Foi realizada no estádio R<sub>4</sub> (CASTIGLIONI et al., 1994) a coleta da quarta folha a contar do ápice para determinação do teor de boro (MALAVOLTA et al., 1997). No final do ciclo foi determinada a produção de matéria seca total, produção de aquênios e teor e rendimento de óleo nos aquênios.

Com os pontos de máxima das equações de regressão (dose 0,5 mg kg<sup>-1</sup>) obtidas para produção de matéria seca total e produção de aquênios nas quatro fases de estresse hídrico, foi calculado o índice de colheita (IC) utilizando a fórmula: IC = Peso de aquênios (g) /matéria seca total (g).

Os resultados de produção de matéria seca total, produção de aquênio, teor e rendimento de óleo foram submetidos, quando necessário, à análise de variância, teste F, teste de comparação de contrastes de médias (Tukey 5%) e regressão a 5% de significância (PIMENTEL-GOMES, 1990).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância da produção de matéria seca total apresentou significância ( $p \leq 0,05$ ) para a interação entre doses de boro e as fases de aplicação ou não do estresse hídrico (Figura 1). Independentemente da quantidade de água aplicada, as produções de matéria seca apresentaram crescimento linear significativo até a dose 0,5 mg kg<sup>-1</sup> de B e permanecendo constante até a dose 2,0 mg kg<sup>-1</sup>. Tais resultados concordam com Allen et al. (1976) e Malavolta (1980), como sendo a dose 0,5 mg kg<sup>-1</sup> de B a adequada para experimento conduzido em condições de casa-de-vegetação.

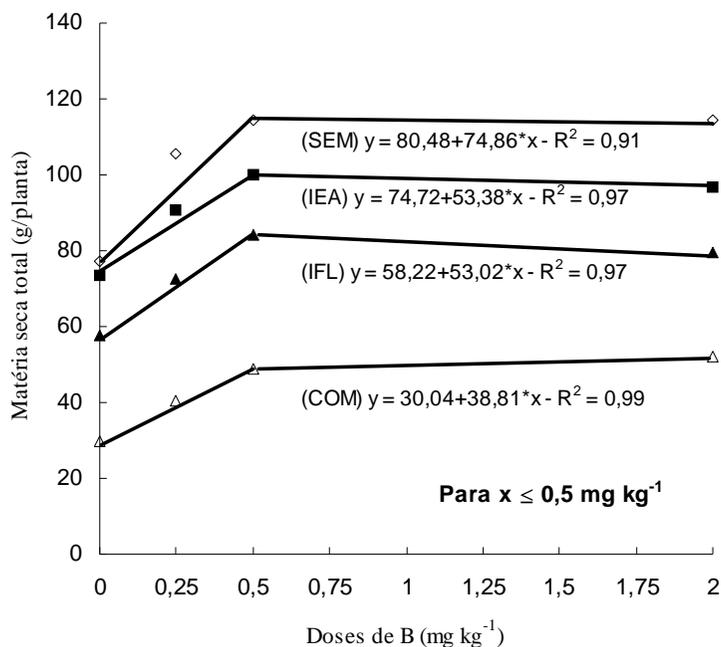
A produção de matéria seca apresentou a mesma tendência em todas as fases de aplicação do estresse hídrico, em que as maiores produções foram obtidas nos tratamentos que apresentaram maior disponibilidade de água (SEM > IEA > IFL > COM). Segundo Adriano (1986) e Loué (1993), a perda de água por meio da transpiração causa um fluxo de massa de íons na superfície das raízes, na ausência de água pode ocorrer redução significativa na absorção desse nutriente pelas plantas.

Na testemunha, as plantas dos tratamentos SEM e IEA tiveram maior produção de matéria seca total (MST), sendo estatisticamente superiores aos tratamentos IFL e COM. Esse resultado demonstra que, em solos com baixos teores de B, a disponibilidade de água até o IEA (nessa fase a planta atingiu o ponto de crescimento total), não afeta a produção de MST (Tabela 1). Nas demais doses, a restrição hídrica, independentemente da fase de aplicação, reduziu significativamente a produção de matéria seca total.

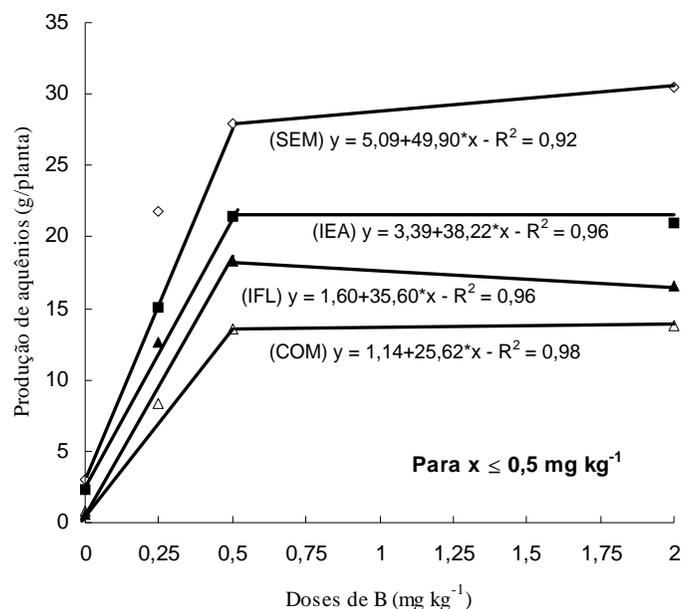
Na Figura 2 e Tabela 1, são mostrados os efeitos das doses de boro e das fases de aplicação do estresse

hídrico sobre a produção de aquênios. Como ocorrido com a produção de matéria seca total, observa-se que, independentemente do conteúdo de água, houve aumento linear na produção até a dose 0,5 mg kg<sup>-1</sup> de B, com estabilização na produção até a dose 2,0 mg kg<sup>-1</sup> de B. No tratamento COM, a maior produção estimada obtida pela equação de regressão foi de 13,95 gramas de aquênio por planta obtida na dose 0,5 mg kg<sup>-1</sup> de B, enquanto que no tratamento SEM, com a mesma dose a produção estimada foi de 30,0 gramas, ou seja, houve incremento de 115% na produção, enquanto que os tratamentos IFL e IEA apresentaram incrementos de 39% e 61% na produção, respectivamente.

Esses resultados mostram a importância da disponibilidade hídrica na absorção do boro e a sua utilização no metabolismo celular e no desenvolvimento das plantas (MARSCHNER, 1995). Viets (1972) ressalta que em condições de estresse hídrico, os teores de B no solo tem efeito relativo, mascarado pela sua menor disponibilidade, haja vista, que nas mesmas doses, houve aumento na produção em função do acréscimo da disponibilidade hídrica.



**FIGURA 1** – Produção de matéria seca total em função das doses de boro e das fases de aplicação de estresse hídrico (Média de 4 repetições). \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.



**FIGURA 2** – Produção de aquênios em função das doses de boro e das fases de aplicação de estresse hídrico (Média de 4 repetições). \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

**TABELA 1** – Produção de matéria seca total, produção de aquênios e rendimento de óleo em função das doses de boro e das fases de aplicação do estresse hídrico (Média de quatro repetições)<sup>1</sup>.

Tratamentos	Doses de boro (mg kg <sup>-1</sup> )				Média
	0	0,25	0,50	2,00	
Matéria seca total					
	----- (g/planta) -----				
SEM	77,18a	105,79a	114,61a	114,29a	102,97A
IEA	73,40a	90,61b	100,13b	98,85b	90,25B
IFL	57,62b	72,69c	84,13c	79,48c	73,48C
COM	29,62c	40,43d	48,71d	52,00d	42,69D
CV%	6,07				
Produção de aquênios					
	----- (g/planta) -----				
SEM	2,99a	21,77a	27,94a	30,50a	20,80A
IEA	2,32a	15,09b	21,43a	21,03b	14,99B
IFL	0,55a	12,61bc	18,35bc	16,52bc	12,01C
COM	0,76a	8,31c	13,57c	13,77c	9,10C
CV%	18,09				
Rendimento de óleo					
	----- (g/planta) -----				
SEM	1,00b	8,13a	11,50a	12,38a	8,25A
IEA	2,50a	5,50b	8,50b	8,38b	6,22B
IFL	0,37c	5,38b	7,88b	7,38b	5,25B
COM	0,25c	2,88c	5,25c	5,13c	3,38C
CV%	5,15				

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas minúsculas (dentro das doses) e maiúsculas (médias das doses) na mesma coluna, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O tratamento COM apresentou índice de colheita (IC) de 0,28, ficando dentro da faixa de 0,25 a 0,35, indicada como adequada por Merrien (1992) para a cultura do girassol. Os tratamentos IFL, IEA e SEM tiveram índices abaixo ou no limiar, com valores de 0,22, 0,22 e 0,25, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Cox & Jolliff (1986), que trabalhando com girassol durante dois anos em condições de campo, verificaram que plantas com déficit hídrico alcançaram valores médios de IC, próximos a 0,31.

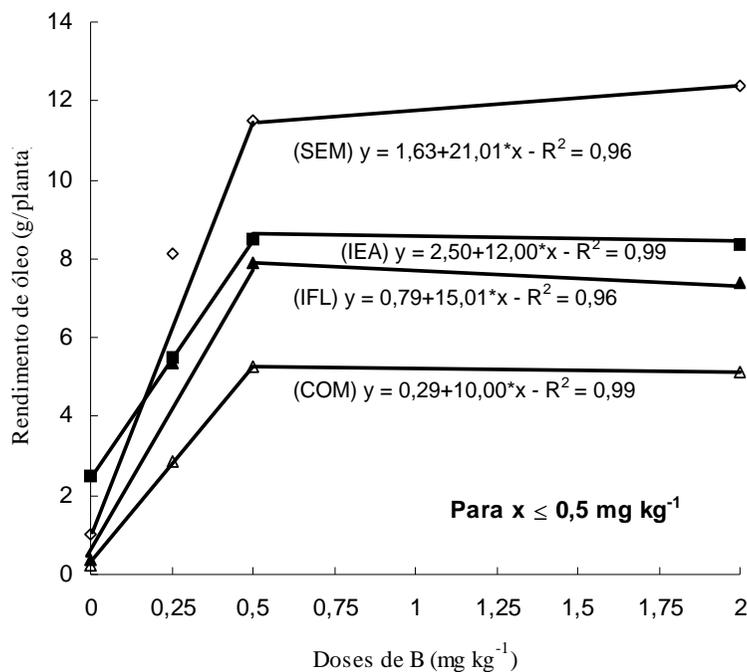
Analizando a produção de aquênios em função das doses de B, observa-se que na testemunha, as produções foram baixas, independentemente das fases de aplicação do estresse hídrico (Tabela 1), o que indica que o teor no solo de  $0,27 \text{ mg dm}^{-3}$  de B não foi suficiente para suprir as exigências nutricionais das plantas, independentemente das condições hídricas. Nas demais doses houve interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) com a disponibilidade de água no solo. Segundo Loué (1993) e Marschner (1995), o boro atua na formação do tubo polínico, e com a carência desse elemento a produção pode ser afetada.

O teor de óleo nos aquênios, na média das fases de aplicação de estresse hídrico, variou significativamente em função das doses de boro aplicadas; a equação de

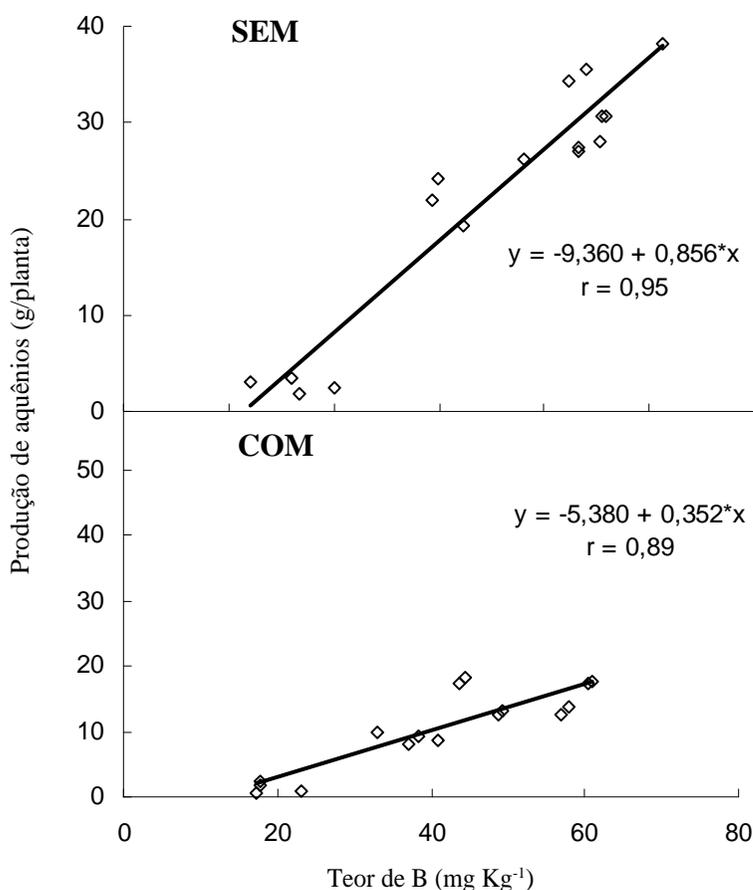
regressão que apresentou melhor ajuste foi  $y = 347,57 + 85,99x - 32,68x^2$ ,  $r^2 = 0,96$  ( $p \leq 0,05$ ). Na média das doses de boro, o maior teor de óleo foi obtido no tratamento IFL ( $410 \text{ g kg}^{-1}$ ), diferindo estatisticamente dos tratamentos SEM, IEA e COM, que apresentaram  $368 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $363 \text{ g kg}^{-1}$  e  $350 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente. Esse resultado difere dos argumentos de Robelin (1967), em que a presença de déficit hídrico no florescimento, principalmente nos dez primeiros dias após o secamento das flores liguladas, diminui significativamente o teor de óleo nos aquênios.

Com relação ao rendimento de óleo (Figura 3), verifica-se que essa variável teve comportamento semelhante àquele ocorrido com a produção de aquênios. No tratamento SEM, apesar do menor teor de óleo, houve o maior rendimento por capítulo, sendo na dose  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , 36,36%, 24,60%, 59,03% superior ao IFL, COM e IEA, respectivamente (Tabela 1).

Na Figura 4, são apresentadas as correlações obtidas entre o teor de boro nas folhas e a produção de aquênios. Observa-se maior correlação e coeficiente angular no tratamento SEM quando comparado com o tratamento COM, demonstrando que a disponibilidade hídrica durante todo o ciclo vegetativo da planta foi fator determinante para o aumento da produção de aquênios.



**FIGURA 3** – Rendimento de óleo em função das doses de boro e das fases de aplicação de estresse hídrico (Média de 4 repetições). \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.



**FIGURA 4** – Correlação entre o teor de boro na folha diagnóstico de girassol e a produção de aquênios nos tratamentos sem (SEM) e com estresse hídrico (COM). \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

### CONCLUSÕES

a) Independentemente da fase de aplicação ou não de estresse hídrico, a melhor dose de B para maior produção de matéria seca total, produção de aquênios e rendimento de óleo foi 0,5 mg dm<sup>-3</sup>.

b) As plantas que sofreram estresse hídrico a partir do início do florescimento ou no enchimento de aquênios tiveram menor produção de matéria seca total, de aquênios e de óleo.

c) O teor de B na folha apresentou correlação linear significativa com a produção de aquênios em plantas com ou sem estresse hídrico.

### AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D. C. **Trace elements in the terrestrial environment**. New York: Springer-Verlag, 1986. 533 p.
- ALLEN, S. E.; TERMAN, G. L.; CLEMENTS, L. B. **Greenhouse techniques for soil-plant-fertilizer research**. Muscle Shoals: National Fertilizer Development Center, 1976. 55 p.

- BLAMEY, F. P. C.; CHAPMAN, J. Differential response of two sunflower cultivars to boron fertilization. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfers Paradise. **Actas...** Surfers Paradise: [s.n.], 1982. p. 92-94.
- CALLE-MANZANO, C. L. **Carência de boro em girasol**. Madri: Hojas, 1985.
- CARTER, J. F. **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. 505 p.
- CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: Embrapa Soja, 1994. 24 p.
- CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. M. V. B. C.; KARAN, D.; MELLO, H. C.; GUEDES, L. C. A.; FARIAS, J. R. B. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa Soja, 1996. 38 p.
- COX, W. J.; JOLLIFF, G. D. Growth and yield of sunflower under soil water deficits. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 1, p. 226-230, 1986.
- GUTERRES, J. F.; BAMI, N. A.; COMIN, C. M. V. Nutrição e adubação. In: \_\_\_\_\_. **Girassol: indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1988. 66 p.
- LOUÉ, A. **Oligoéléments en agricultures**. Antibes: SCPA-NATHAN, 1993. 577 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 280 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p.
- MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: CETION, 1992. 66 p.
- MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. F.; MOREIRA, A. Relação entre flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1431-1436, 2002.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468 p.
- RICHTER, G. **Métabolisme des végétaux: physiologie et biochimie**. Lausanne: Polytechniques Romandes, 1993. 526 p.
- ROBELIN, M. Action et arrière-action de la sécheresse sur la croissance et la production du tournesol. **Annales Agronomiques**, Paris, v. 18, n. 6, p. 579-599, 1967.
- SFREDO, G. J.; CAMPOS, R. J.; SARRUGE, J. R. **Girassol: nutrição mineral e adubação**. Londrina: Embrapa Soja, 1984. 36 p.
- VIETS, F. G. Water deficits and nutrients availability. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic, 1972. p. 217-239.