

FÓSFORO E BORO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E ÓLEO NO GIRASSOL

Leandro Gonçalves dos Santos¹, Fúlvio Viegas Santos Teixeira de Melo²,
Ubiratan Oliveira Souza³, Dário Costa Primo⁴,
Anacleto Ranulfo dos Santos⁵

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Sousa, Brasil.
E-mail: leandro.ifpb@gmail.com

²Mestrando em Ciência Animal, UFRB, Cruz das Almas, Brasil.

³Mestre em Ciências Agrárias, UFRB, Cruz das Almas, Brasil.

⁴Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares, UFPE, Recife, Brasil

⁵Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito do fósforo e boro na produção de grãos e rendimento de óleo do girassol (*Helianthus annuus* L.) híbrido “Helio 358”, cultivado em sistema convencional no município de Cruz das Almas, Bahia. O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Latossolo Amarelo, no período de Julho a Novembro de 2008. Assumiu-se o ensaio fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha⁻¹ de P) e duas de boro (0 e 2 kg ha⁻¹ de B), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com três repetições. Ao final do ciclo avaliou-se o rendimento de matéria seca da parte aérea, a produção de grãos, o teor de óleo, o peso de 1000 grãos e o rendimento de óleo por área. A produção de matéria seca total e de grãos respondeu positivamente ao incremento da adubação fosfatada. A interação PxB influenciou positivamente o teor de óleo nos aquênios, e, seu rendimento por área.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus* L., oleaginosa, biodiesel, aquênios.

PHOSPHOR AND BORON ON THE PRODUCTION OF GRAIN AND OIL IN SUNFLOWER

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyse the phosphorus and boron effect in the production of grains and in the oil yield of the hybrid sunflower “Helio 358” (*Helianthus annuus* L.) cultivated in conventional system in the city of Cruz das Almas, Bahia State. The experiment was carried in the Bahia Reconcavo Region University, in Yellow Latosol, during the period from July to November in 2008. Took up the 5x2 factorial trial involving five levels of phosphorus (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha⁻¹ de P) and two of boron (0 e 2 kg ha⁻¹ de B), with the treatments distributed in randomized blocks with three replicates. At the end of the cycle the aerial part dry mass yield, grain production, weight of 1000 grains and oil yield per area were evaluated. The dry mass production and production of grains reacted positively to the basal tillering increase. The PxB interaction influenced positively the oil yield in the grains, and consequently, the yield per area.

KEYWORDS: *Helianthus annuus* L., oleaginous, biodiesel, achenes.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) desponta como a cultura oleaginosa mais promissora do mundo, principalmente devido a sua grande adaptabilidade às diferentes condições edafo-climáticas. Seu aproveitamento integral aumenta ainda mais sua versatilidade, pois, além do principal produto, o óleo, de alta qualidade e valor nutricional, a planta e seus resíduos podem ser utilizados na alimentação animal (CASTRO & FARIAS, 2005). O alto teor de óleo nas sementes torna uma grande alternativa para a produção de biodiesel, cujo consumo mundial vem crescendo a cada ano devido à busca por fontes alternativas e limpas de energia.

No Recôncavo da Bahia predominam os Latossolos, que se caracterizam por apresentar uma camada subsuperficial coesa que limita a penetração de raízes, e a dinâmica de ar e água no perfil. Além disso, possui baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio e baixos valores de pH, fatores que inibem a disponibilidade e absorção de nutrientes (REZENDE, 2000).

O elemento fósforo (P) é um macronutriente essencial para os vegetais. Está diretamente relacionado com o armazenamento e transferência de energia nos processos bioquímicos da planta, principalmente na forma de ADP e ATP. Além disso, o fosfato é componente estrutural de fosfolipídios, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas e fosfo-proteínas. A carência de P resulta em plantas menos desenvolvidas (SANCHEZ, 2007), atrasa o florescimento (MALAVOLTA *et al.*, 1997), prejudica o enchimento dos aquênios podendo ainda reduzir o rendimento e o teor de óleo (ROSSI, 1998).

O boro (B) é um nutriente encontrado em baixas concentrações na planta, contudo é essencial para o desenvolvimento da planta, e tem causado problemas nutricionais com frequência na cultura do girassol. EPSTEIN & BLOOM (2004) e FURLANI (2004) relatam que o B é integrante de compostos que constituem a hemicelulose da parede celular. Outras funções importantes como o transporte de açúcares através das membranas, a incorporação de fosfato na formação de nucleotídeos, no desenvolvimento do tubo polínico e na frutificação, são citadas por DECHEN & NACHTIGALL (2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de grãos, o teor de óleo e o rendimento de óleo por área, pelo suprimento de fósforo e boro.

METODOLOGIA

Em condições de campo, o experimento foi realizado na área experimental do pavilhão de Química da UFRB, localizado no município de Cruz das Almas – BA, situado a 226 m de altitude (12°40' S; 39°06' W), em Latossolo Amarelo, textura média, no período de Julho a Novembro de 2008. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é classificado como Aw tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 24,5 °C e umidade relativa do ar de 80 %. A pluviometria média anual é de 1 100 mm, com chuvas frequentes no inverno (de maio a julho) e ocorrência de trovoadas em novembro de dezembro.

As características químicas do solo (0 – 20 cm) podem ser descritas por: pH (H₂O) = 5,1; pH (CaCl₂) = 4,3; Al³⁺ = 0,6 cmol_c dm⁻³; H⁺+Al³⁺ = 2,3 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺+Mg²⁺ = 2,1 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 0,6 cmol_c dm⁻³; K = 0,131 cmol_c dm⁻³ (Mehlich-1); P = 0,2 mg dm⁻³ (Mehlich-1); B = 0,1 mg dm⁻³; MO = 12,4 g dm⁻³; S = 2,2; CTC = 4,4; V = 51 %; m = 31 %. Baseado na análise química do solo procedeu-se a calagem e gessagem 60 dias antes do plantio. Aplicou-se 1,2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico,

sendo essa quantidade determinada pelo método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Ainda seguindo a recomendação destes autores, aplicou-se 1,2 t ha⁻¹ de gesso agrícola determinado em função da textura do solo, a qual foi admitida como média, e quando a saturação por alumínio fosse maior que 10 % ou o nível de cálcio inferior a 0,5 cmol_c dm⁻³.

Utilizou-se sementes de girassol híbrido “Helio 358” da Helianthus do Brasil, que têm como características o porte médio e maturação fisiológica aproximada de 90 dias após emergência (DAE). A semeadura foi realizada no mês de Julho, em sistema de cultivo convencional. Aos 15 DAE procedeu-se o desbaste de maneira a garantir trinta e duas plantas a cada dez metros, com uma população final equivalente a 45 000 plantas por hectare, seguindo a recomendação de SILVEIRA *et al.* (2005).

Assumiu-se o ensaio fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha⁻¹ de P) e duas de boro (0 e 2 kg ha⁻¹ de B), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados com três repetições, conforme o modelo estatístico: $Y_{ijk} = m + b_j + \alpha_i + \beta_k + \alpha\beta_{ik} + e_{ijk}$ em que Y_{ijk} é o valor observado no nível i das doses de P no nível k das doses de B, no bloco j; m, a média geral da variável; b_j , o efeito do bloco j; α_i , o efeito nível i das doses de P; β_k , o efeito do nível k das doses de B; $\alpha\beta_{ik}$, efeito da interação entre o nível i das doses de P e o nível k das doses de B; e_{ijk} efeito do erro experimental associado a parcela que recebeu o nível i das doses de P e nível k das doses de B no bloco j.

O fósforo foi aplicado no sulco de plantio abaixo e ao lado da semente, na forma de Superfosfato triplo. O boro foi aplicado na forma de ácido bórico juntamente com a adubação de cobertura, aos 30 e 60 DAE. Além dos tratamentos estudados, aplicou-se também 80 kg ha⁻¹ de K e 80 kg ha⁻¹ de N, na forma de Cloreto de potássio e Uréia, respectivamente. Essa adubação complementar foi fracionada em três partes, sendo uma no plantio e o restante juntamente com o boro, seguindo a recomendação da EMBRAPA para a cultura (BALLA *et al.*, 1997).

A precipitação pluviométrica acumulada desde a semeadura até a colheita foi de 366,4 mm, e a média mensal de 73,3 mm. As parcelas com área de 25,6 m² foram constituídas de 10 linhas com 3,2 m de comprimento cada, espaçadas a 70 cm entre linhas e 31 cm entre plantas. De cada parcela foi desprezada uma linha de bordadura de cada lado e duas plantas das extremidades de cada linha.

Após a fase de maturação fisiológica dos aquênios, os capítulos foram colhidos e dispostos num telado a 1,3 m do solo e à sombra para secagem completa, com um teor aproximado de 11 % de umidade. Quantificou-se a matéria seca de quatro plantas, particionadas em hastes, pecíolos, folhas e capítulos, que em seguida foram secas a 65 °C em estufa com circulação de ar forçada até obtenção de massa seca constante.

O teor de óleo nos aquênios foi determinado pela extração de lipídios seguindo a metodologia descrita por BLIGH DYER (1959). As variáveis em estudo foram submetidas à análise de variância utilizando o programa estatístico SAS (1996) e havendo significância, procedeu-se o estudo de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados neste estudo demonstraram que aplicação das doses fósforo influenciou de forma altamente significativa na produção de matéria seca total da parte aérea, na produção de grãos, no peso de 1 000 aquênios e no

teor de óleo, como segue no (Tabela 1). Os resultados demonstraram que interação dos elementos P e B tiveram efeito significativo ($p < 0,01$) apenas para o teor de óleo, entretanto para a aplicação isolada de boro não houve efeito significativo.

TABELA 1 - Resumo da análise de variância dos dados referentes à matéria seca total da parte aérea (kg ha^{-1}), produção de aquênios (kg ha^{-1}), peso de 1 000 aquênios (g), teor de óleo (%) e proteína bruta (%), no momento da colheita. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

FV	GL	QM			
		Matéria seca	Prod. Aquênios	1 000 aquênios	Óleo
Fósforo (P)	4	2,9e ^{7**}	3,3e ^{6**}	103,08**	167,57**
Boro (B)	1	2,0e ⁶	9,5e ⁶	14,84	3,60
P x B	4	0,7e ⁶	3,6e ⁴	41,58	8,94**
Bloco	2	5,1e ^{6**}	8,5e ^{5**}	157,85**	10,04**
Erro	18	0,7e ⁶	6,8e ⁴	18,21	1,67
Média		4934	1553	49,41	37,68
CV(%)		16,56	16,78	8,64	3,43

** significância ao nível de 1% pelo teste de F.

O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou a produção de MST do girassol, em função das doses de fósforo aplicadas (Figura 1A). Com aplicação da menor dose de P (40 kg ha^{-1}) a produção estimada de MST foi 155 % maior em comparação à omissão deste elemento. Esses resultados indicam que nesses Latossolos Amarelos a adubação fosfatada é fundamental para o crescimento das plantas de girassol. Essa confirmação é citada por NIELSEN *et al.* (1998). Aplicando 80 kg ha^{-1} de P, esse incremento foi ainda maior, correspondendo a 261 % de MST. Derivando a equação de regressão observou que a máxima produção de MST ($6979,1 \text{ kg ha}^{-1}$) seria obtida com a aplicação de 148 kg ha^{-1} de P.

O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou a produção de grãos em função das doses de fósforo aplicadas (Figura 1B). A maior produção ($2302,7 \text{ kg ha}^{-1}$) foi obtida com a aplicação da maior dose em estudo, que comparada ao tratamento sem aplicação de P ($333,1 \text{ kg ha}^{-1}$), observou-se um incremento de $1969,6 \text{ kg ha}^{-1}$ (591 %). De acordo com CASTRO & OLIVEIRA (2005) A resposta do girassol a adubação fosfatada está relacionada principalmente a sua disponibilidade no solo.

Com 40 kg ha^{-1} de P o rendimento estimado de grãos foi duas vezes e meia maior quando comparada a sua omissão, e dobrando a quantidade de P no solo (80 kg ha^{-1}) esse rendimento se torna três vezes e meia maior. Isso comprova que é necessário o fornecimento de fósforo por meio de adubação quando sua disponibilidade é limitada, o que ocorre na maioria dos solos do Recôncavo Baiano. Resultados semelhantes na produção de aquênios foram encontrados por VILLALBA (2008) estudando doses de fósforo em girassol cultivado em solos de baixa fertilidade.

Derivando a equação, observa-se que a aplicação de 174,5 kg ha⁻¹ de P, promoveria a maior produção 2256 kg ha⁻¹ de aquênios (Figura 1B). Se considerarmos 90 % da máxima produção técnica como a dose de máxima eficiência econômica, seria necessário a aplicação de 111 kg ha⁻¹ de P para uma produção de 2030 kg ha⁻¹ de grãos, representando uma economia de 36 % com adubo fosfatado. Segundo CASTRO & OLIVEIRA (2005), a adubação mínima para garantir a reposição da exportação de P com a produção de 2000 kg ha⁻¹ deve ser de 80 kg ha⁻¹ de P em solos com disponibilidade muito baixa.

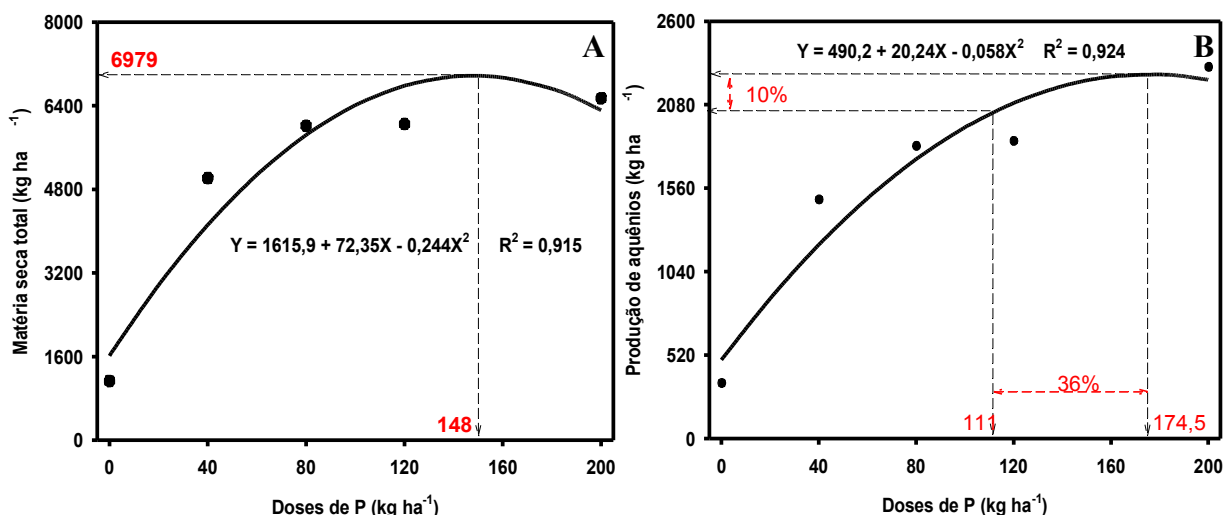


FIGURA 1 - Produção de matéria seca total da parte aérea, no momento da colheita (A) e produção de aquênios (B), em função das doses de fósforo estudadas. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Os resultados obtidos para o teor de óleo neste estudo estão apresentados na figura 2A. Ficou evidente que houve efeito positivo da interação entre P e B, sendo a maior variação entre as doses 40 e 140 kg ha⁻¹ de P. A diferença significativa (Tukey<0,05) entre as doses de B só foi observada em interação com fósforo variando entre 80 e 120 kg ha⁻¹. Nessa interação, a aplicação de 2 kg ha⁻¹ de B promoveu uma variação de 3,3 a 7,1 % de incremento no teor de óleo, em relação a sua omissão. Contudo, nas doses acima de 160 kg ha⁻¹ de P a presença do B reduziu o teor de óleo em até 6,5 %. De acordo com CASTRO & OLIVEIRA (2005), apesar do baixo acúmulo de fósforo na matéria seca do girassol, ele desempenha funções importantes no metabolismo das plantas e principalmente, na síntese de lipídeos.

Segundo SRIVASTAVA (1978), o equilíbrio na relação N/P é o fator determinante para obtenção de altas produtividades e sementes com alto teor de óleo. Pelos resultados obtidos, verificou-se que a relação P/B também deve ser levada em conta, pois embora o B não tenha promovido significância na produção de matéria seca total da planta e nem de produção, quando aplicado isoladamente, o teor de óleo foi fortemente influenciado quando mesmo foi aplicado em interação com o P.

O maior teor de óleo (44,6 %) observado foi com a aplicação da maior dose de P e omissão de B (Figura 2A). Com a interação entre as doses de P e 2 kg ha⁻¹

de B, o maior teor de óleo (43 %) seria obtido com 147,4 kg ha⁻¹ de P. Esses resultados indicam que aplicando B, reduziu a necessidade de P para elevar o teor de óleo no grão. Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por CASTRO *et al.* (2006), que obtiveram o maior teor de óleo no girassol com aplicação de 2 kg ha⁻¹ de B, e SACHS *et al.* (2006) em estudo com adubação fosfatada. Em estudo com amendoim KASAI *et al.* (1998) não conseguiram aumentar o teor de óleo com adubação fosfatada.

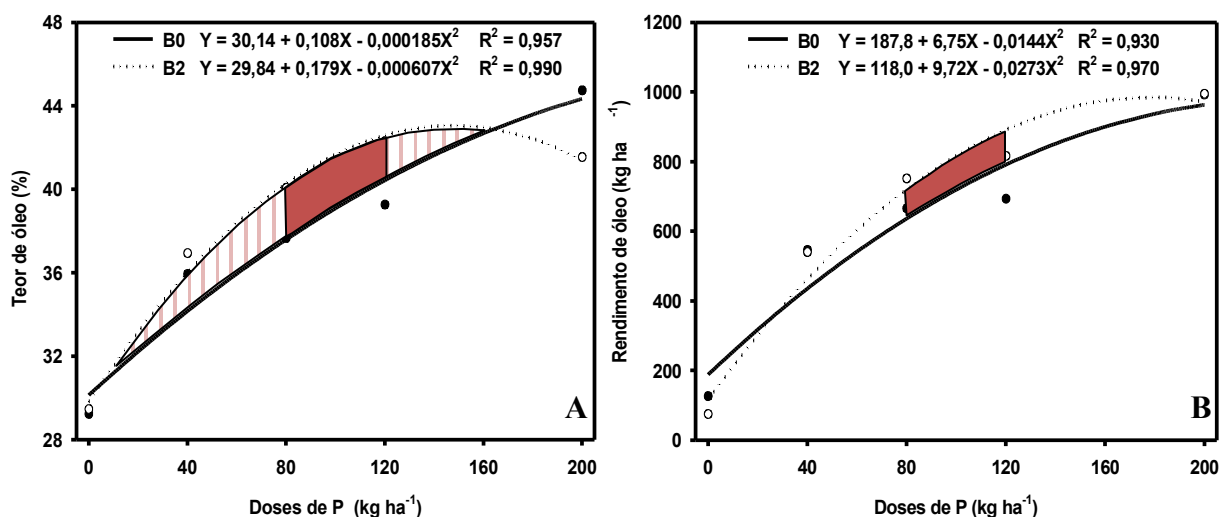


FIGURA 2 - Teor de óleo nos aquênios (A) e rendimento de óleo por área (B), em função da interação entre 0 e 2 kg ha⁻¹ de B e as doses de fósforo. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Verificou-se que aplicando boro (2 kg ha⁻¹) em interação com doses de P entre 40 e 200 kg ha⁻¹, resultou em aumento no rendimento de óleo (Figura 2B). Esse incremento foi mais pronunciado entre as doses 80 e 120 kg ha⁻¹ de P, com um valor médio de 98 kg ha⁻¹ no rendimento de óleo, o equivalente a 13,6 %. Para a indústria, o teor de óleo nos aquênios é muito importante, contudo se for aliado a uma boa produção de grãos, o seu rendimento de óleo por unidade de área também se torna importante comercialmente.

CONCLUSÕES

A produção de matéria seca total e de aquênios respondeu positivamente ao incremento da adubação fosfatada. A interação PxB influenciou positivamente o teor de óleo nos aquênios, e em consequência seu rendimento por área.

AGRADECIMENTO

A CAPES pela concessão da bolsa de Pós-Graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CASTRO, C. **Colheita do Girassol**. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1997. (EMBRAPA-CNPSo. Doc, n.92).

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Cand. J. Biochemistry Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.161-218.

CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R.F.; DECHEN, A.R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciênc. agrotec**, v.30, n.2, p.214-220, 2006.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.317-374.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.327-354.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Andrei, 2004, 403p.

FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. (ed). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, p40-75.

KASAI, F.S.; ATHAYDE, M.L.F.; GODOY, I.J. Adubação fosfatada e épocas de colheita no amendoim: efeitos na produção de óleo e de proteína. **Bragantia**, v.57, n.1, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.

NIELSEN, K.L.; BOUMAN, T.J.; LYNCH, J.P.; EISSENSTAT, D.M. Effects of phosphorus availability and vesicular-arbuscular mycorrhizas on the carbon budget of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **New Phytol.**, 139:647-656, 1998.

REZENDE, J.O. **Solos coesos dos Tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000, 117p.

ROSSI, R.O. **Girassol**. Curitiba: Tecnoagro, 1998, 333p.

SACHS, L.G.; PORTUGAL, A.P.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H.; IDA, E.I.; SACHS, P.J.D.; SACHS, J.P.D. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. **Semina**, v.27, n.4, p.533-546, 2006.

SANCHEZ, C.A. Phosphorus. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. (eds). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007, p.51-90.

SAS, Institute. SAS/STAT. User's guide, version 6.11. 4. ed. Cary, Statistical Analysis System Institute, 1996. v.2, 842p.

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; MESQUITA, C.M; PORTUGAL, F.A.F. Semeadura e manejo da cultura do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.375-409.

SRIVASTAVA, A.K. Effects of fertilizers on the composition and emergence of sunflower seeds. **Experimental Agriculture**, v.14, p.213-216, 1978.

VILLALBA, E.O.H. **Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para girassol sob sistema plantio direto no Paraguai**. Santa Maria, 2008. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.