

Nitrogênio no cultivo da linhaça dourada (*Linus usitatissimum*)

Reginaldo Ferreira Santos¹, Nelson Zornitta¹, Reinaldo Aparecido Bariccatti¹, Marinez Carpiski², Marlise Aparecida dos Santos²

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Curso de Pós Graduação Strictu Senso em Energia na Agricultura. Rua Universitária, n. 2069, CEP: 85.819-110, Bairro Universitário, Cascavel, PR.

²Faculdade Assis Gurgacz – FAG, Curso de Agronomia. Avenida das Torres n. 500, CEP: 85.806-095, Bairro 10 Santa Cruz, Cascavel, PR.

reginaldo.santos@unioeste.br, nelsonzornitta@hotmail.com, bariccatti@yahoo.com.br,
mari_marinez@hotmail.com, marlise@fag.edu.br

Resumo: Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio no cultivo da linhaça dourada em clima tropical. O cultivo foi realizado a campo em área experimental do curso de Energia na Agricultura da Unioeste Campus de Cascavel em delineamento inteiramente casualizado com seis doses de nitrogênio (0, 112,5, 225, 337,5, 450 e 562,5 kg ha⁻¹) na forma de uréia com cinco repetições. Foram avaliados (i) no florescimento: altura da planta, número de hastes, capsulas e flores, área foliar e massa seca e fresca de hastes de folhas e de cápsulas + flores; (ii) na colheita: número de cápsulas, massa fresca e seca de capsulas, massa de 100 sementes e produtividade; (iii) após a colheita: a eficiência do uso do fertilizante. Houve efeito da aplicação de nitrogênio para: (i) florescimento - altura de planta, número de cápsulas, área foliar, massa fresca e seca das folhas e da massa seca e fresca de capsula+flores; (ii) na colheita: número e massa fresca e seca de cápsulas; (iii) pós colheita: o ponto de máxima produtividade técnica para a linhaça foi com o uso estimado de 223 kg ha⁻¹ de N, já dose mais econômica foi com a aplicação de 142,8 kg ha⁻¹ de N.

Palavras chave: ureia, doses, econômico.

Abstract: This study aimed to evaluate the effect of nitrogen application on the cultivation of golden flaxseed in a tropical climate. The cultivation was carried out at the experimental field of the course Energy in Agriculture Unioeste Campus Rattlesnake in a completely randomized design with six levels of nitrogen (0, 112.5, 225, 337.5, 450 and 562.5 kg ha⁻¹) as urea with five replications. We evaluated (i) in the flowering plant height, number of stems, flowers and capsules, leaf area and dry mass of stems and fresh leaves and flowers + capsules, (ii) the harvest: number of capsules, fresh and dry capsules, 100 seed weight and yield, (iii) after harvest: the efficiency of fertilizer use. Was no effect of nitrogen application to: (i) flowering - plant height, number of capsules, leaf area, fresh and dry weight of leaves and dry weight and fresh flowers capsule + (ii) harvest: number and weight fresh and dry capsules (iii) post-harvest: the point of maximum productivity technique for flaxseed was estimated with the use of 223 kg ha⁻¹ of N, since most economical was the application of 142.8 kg ha⁻¹ N.

Keywords: urea, dosages, economical

Introdução

A linhaça ganhou *status* devido aos seus aspectos nutricionais, terapêuticos e industrial. Algumas partes do mundo como Canadá, Argentina, China, Índia e Estados Unidos cultivam a linhaça destinada à indústria alimentícia devido a sua composição nutricional de ácidos graxos poliinsaturados essenciais, tais como ácido α -linolênico e rico de fibra dietética solúvel (Mohammadi et al., 2010). Nos países asiáticos além da alimentação humana e animal, se utilizam da linhaça para fins de iluminação (Khan, 2010). Uma porção de 100g de sementes de linhaça fornece 1890 kJ e 450 kcal de energia e contém cerca de 41% de óleo, 20% de proteína e 27% de fibra dietética total, sendo conhecida como a melhor fonte de ômega-3 (Madhusudhan, 2009).

De acordo com Aquino et al. (1986) o nitrogênio que é contido nas proteínas é o elemento de maior importância no crescimento vegetativo da linhaça. A importância deste elemento deve-se ao fato de que todos os processos vitais estão ligados à existência de um plasma funcional que contenha nitrogênio. É necessário, porém, avaliar as doses de aplicação, pois o excesso de nitrogênio pode reduzir os teores de açúcares e vitamina C favorecendo a proliferação de pragas e doenças (Marschner, 1995).

O nitrogênio é muito instável no solo devido às reações biológicas e químicas às condições ambientais e ao efeito seletivo de cada planta. É o nutriente mais absorvido e exportado pelas culturas anuais Silva et al. (2013). Cerca de 50% do N é absorvido e exportado para os grãos e o restante permanece no solo sob a forma orgânica (Biscaro et al. , 2011). As formas preferenciais de absorção pela planta são a amônia, o nitrato e compostos nitrogenados simples como a uréia e alguns aminoácidos. A uréia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ apresenta 45% de nitrogênio (N) solúvel em água; absorve com facilidade a umidade do ar, razão pela qual seus grânulos são revestidos com material protetor para diminuir a hidroscopicidade. No solo transforma-se em amônia gasosa e nitrato (Machado, 2004).

Dentre os estudos realizados com linhaça e nitrogênio, Bilalis et al. (2010) afirma que o nitrogênio é o principal contribuinte para a variação no teor de óleo na sementes desta oleaginosa. Já Berti (2009) em seus estudos relaciona ainda a produção de sementes de linhaça com a aplicação de nitrogênio e a disponibilidade de água. Diepenbrock e Porksen (1993) com duas aplicações de N, 40 kg ha^{-1} e 80 kg ha^{-1} independentemente do local encontrou que a maior dose de N apresentou rendimento maior; ainda segundo os autores o aumento no fornecimento de nitrogênio de alguma forma leva a um aumento do nível de

crescimento linear das folhas, da taxa de duração do crescimento linear e da taxa máxima de crescimento.

Porksen (1991) descreveu que a linhaça é capaz de remover até 110 kg ha⁻¹ de N e estimou a 40 kg ha⁻¹ na maturidade e a 150 kg ha⁻¹ de N para o cultivo ser economicamente viável. Dados atuais mostram que a produção de massa seca e a distribuição de biomassa também dependem de nutrição com nitrogênio (Diepenbrock e Porksen, 1993).

Em relação a forma de aplicação, observou-se maior produtividade em cultura irrigada sob plantio direto, quando o N foi incorporado ao solo por promover maior contato do fertilizante com o solo (Cunha et al., 2011). Já a aplicação de N incorporado ao solo, comparado a aplicação a lanço, em cultivo sob sistema de plantio direto proporcionou um aumento de 5% no rendimento de grãos (Pöttker e Wiethölter, 2004).

Pesquisas e estudos mostram que a aplicação de N em cobertura, influencia na produtividade de grãos e dos componentes de produtividade das plantas. A uréia é o fertilizante nitrogenado sólido mais utilizado no mundo, por apresentar elevado conteúdo de N e menor custo por unidade do nutriente ao solo (Cunha et al., 2011). Neste sentido, o trabalho terá como objetivo avaliar o comportamento da cultura da linhaça a variação de doses de nitrogênio em condições de cultivo na região Oeste do Paraná.

Material e Métodos

O projeto foi conduzido em área experimental de campo pertencente a UNIOESTE em Cascavel, Paraná, Brasil, com localização geográfica, latitude 24°59'20,5" Sul, longitude 53°26'58,7". A região apresenta-se como clima temperado mesotérmico e superúmido, tipo climático Cfa (koeppen) (Caviglione et al., 2000). A temperatura média anual na região é de 19,6 °C, a precipitação anual de 1971 mm e a insolação de 2462 horas por ano (IAPAR, 2011).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (Lvef), de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), apresentando os seguintes atributos químicos: 26,80 mg.dm⁻³ Fe; 3,06 mg.dm⁻³ Cu; 8,50 mg.dm⁻³ Zn; 104,00 mg.dm⁻³ Mn; 5,37 pH CaCl₂; 6,93 cmolc.dm⁻³ H + Al; 50,29 g dm⁻³ Matéria Orgânica; 19,00 mg.dm⁻³ P; 0,22 cmolc.dm⁻³ K⁺; 12,25 cmolc.dm⁻³ Ca²⁺; 5,35 cmolc.dm⁻³ Mg²⁺; 17,82 cmolc.dm⁻³ SB; 24,75 cmolc.dm⁻³ CTC; 72,00% V%.

Durante o desenvolvimento da cultura da linhaça foram registradas a temperatura média e precipitação pluvial, cujos valores se encontram na Figura 1.

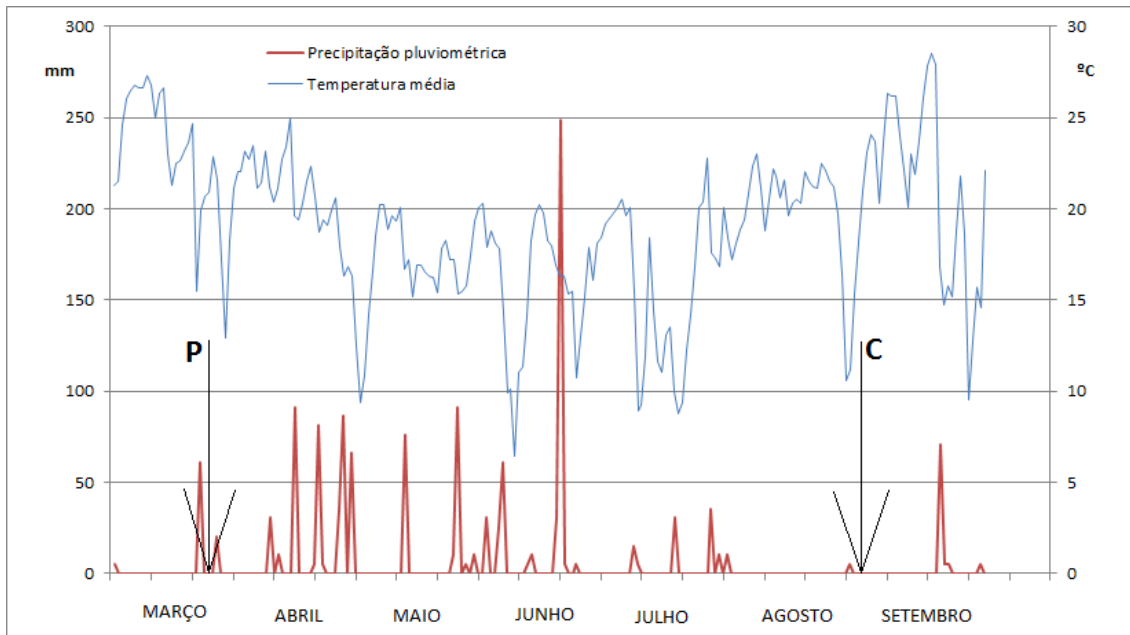


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperatura média (T°C), plantio (P) e colheita (C) registradas durante a condução do experimento com a cultura da linhaça.

O delineamento inteiramente casualizado com seis doses de nitrogênio (0, 112,5, 225, 337,5, 450 e 562,5 kg ha⁻¹) na forma de uréia, com cinco repetições. A unidade experimental foi composta de 13 linhas de 2,5 m de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,40m e suas respectivas bordaduras. O plantio foi feito no dia 24/03/2012 e o desbaste no dia 14/04/2012. Os tratamentos foram aplicados semanalmente a partir de 18/04/2012 até 16/05/2012.

No dia 08/07/2012 foram retiradas 6 plantas por espécie e por tratamento, medidas a altura, contados os números de hastes, de cápsulas e de flores e avaliadas a massa fresca e a massa seca das hastes, das folhas e das cápsulas e flores de cada planta. Foi também determinada a densidade de plantas no campo ficando na média de 31 plantas por metro linear. Também foram retiradas 10 plantas, de cada uma 30 folhas, de forma aleatória, medidas as massas e, com um software de medição de área foram determinadas as áreas correspondentes; através das médias foi determinado um fator de conversão de massa para área foliar de 55,83cm²/g.

Em 07/09/2012 foi determinado o número e a massa fresca das cápsulas de 6 plantas por espécie e por tratamento, sendo também efetuada a colheita e medida a massa por espécie e por tratamento.

Segundo Van Raij (1991), equações que não se ajustam perfeitamente aos dados experimentais, podem ser utilizadas para fins práticos, mas devem ser evitadas na determinação dos extremos superiores. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de

variância e a interação entre os fatores bem como suas médias foram comparadas através do teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade de erro, com a utilização do pacote estatístico Assistat[®] versão 7.5 beta (Silva e Azevedo, 2002). As equações de regressão polinomiais de maior grau com melhor ajuste aos dados experimentais para a obtenção de pontos de máximo foram os cálculos com o programa Maple 15.

Resultados e Discussão

Na Figura 2 pode ser observado o comportamento das variáveis biométricas de crescimento determinados no período de florescimento.

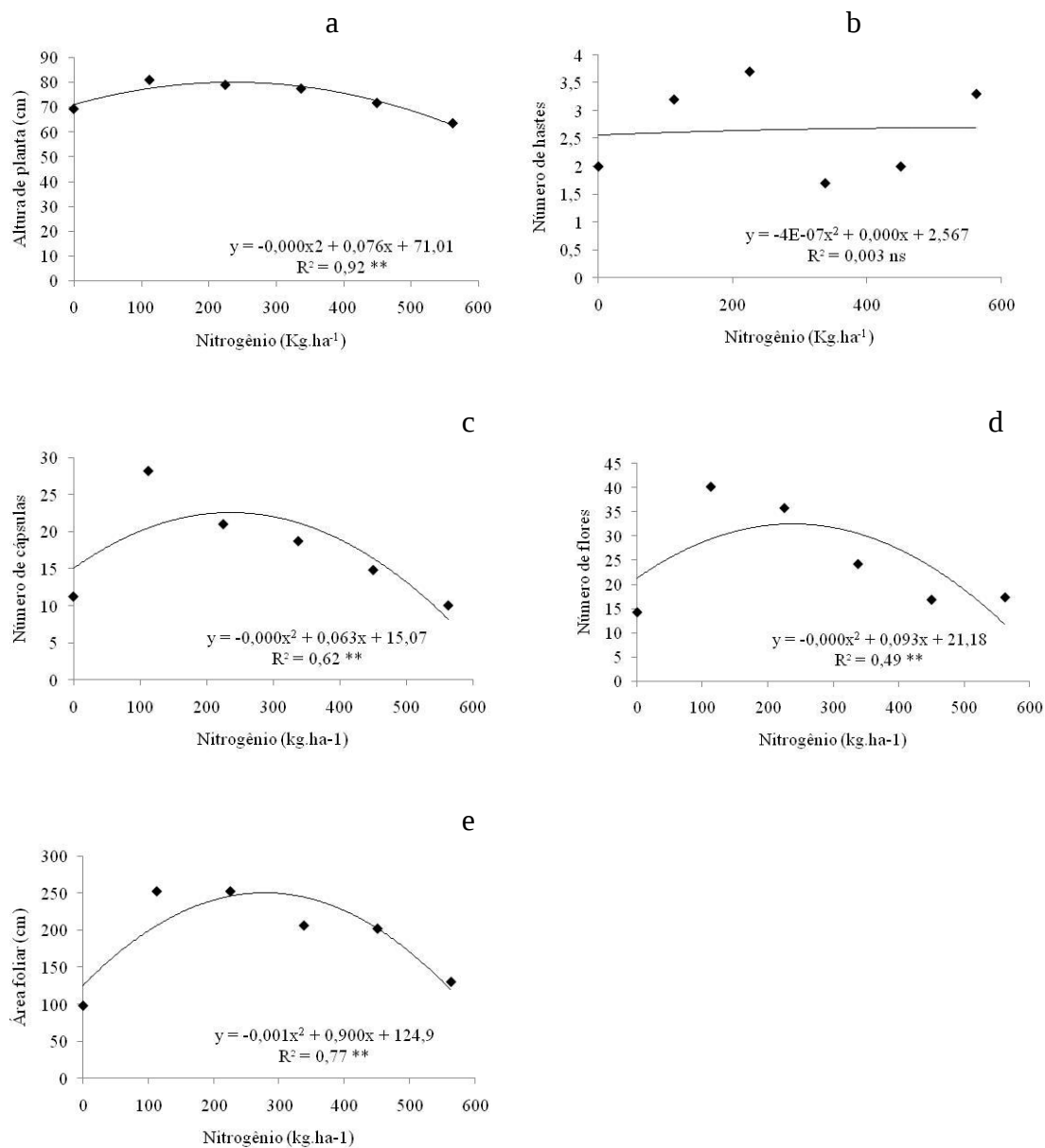


Figura 2. Variável altura de planta (Figura a), número de hastes (Figura b), número de cápsulas (Figura c), número de flores (Figura d), área foliar (Figura e). F: **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Observando o comportamento dos dados apresentados na Figura 02, com exceção da variável número de haste de planta, que não sofreu influência da aplicação de nitrogênio, possivelmente em função da alta variabilidade das amostras, pode se observar que as demais variáveis: altura de planta, número de cápsulas, número de flores e área foliar foram influenciadas pela aplicação de doses de N.

As variáveis apresentaram acréscimo biométrico com a aplicação das doses de N, porém, logo após sofreram decréscimo, confirmando assim que o nitrogênio influencia o crescimento das plantas até as mesmas suprirem suas necessidades. Embora, segundo Van Raij (1991), o N é elemento afetado por uma dinâmica complexa e que não deixa efeitos residuais diretos nas adubações.

O manejo adequado da adubação com nitrogênio é uma das mais difíceis de serem avaliadas, de acordo com Weiss (1983), sabe-se que variedades de qualquer espécie vegetal podem responder de forma diferente em crescimento a determinado nível de nutrição, de forma que plantas selecionadas para crescer em determinado nível de nutrientes foram adaptadas para produzir o máximo naquele nível. Bertozzo et al. (2010) em estudo com plantas de crambe observaram que a elevação das doses de porcentagens na adubação nitrogenada indicada para a cultura, aumentou a altura de plantas de crambe.

De acordo com Lawlor (2002), o suprimento adequado de nitrogênio pode estimular o crescimento foliar, por aumentar a divisão celular e a fotossíntese, devido à maior quantidade de componentes das reações fotoquímicas e daqueles responsáveis pela assimilação de CO₂. Já para Foyer et al. (2001), a importância do nitrogênio nos cultivos agrícolas está diretamente relacionado à fotossíntese pela produção de energia e aumento da assimilação de carbono, particularmente carboidratos e aminoácidos, essenciais ao crescimento da planta. Entretanto, para Carelli et al. (1996) não há um consenso a respeito do nível ótimo de adubação nitrogenada para o máximo rendimento da cultura.

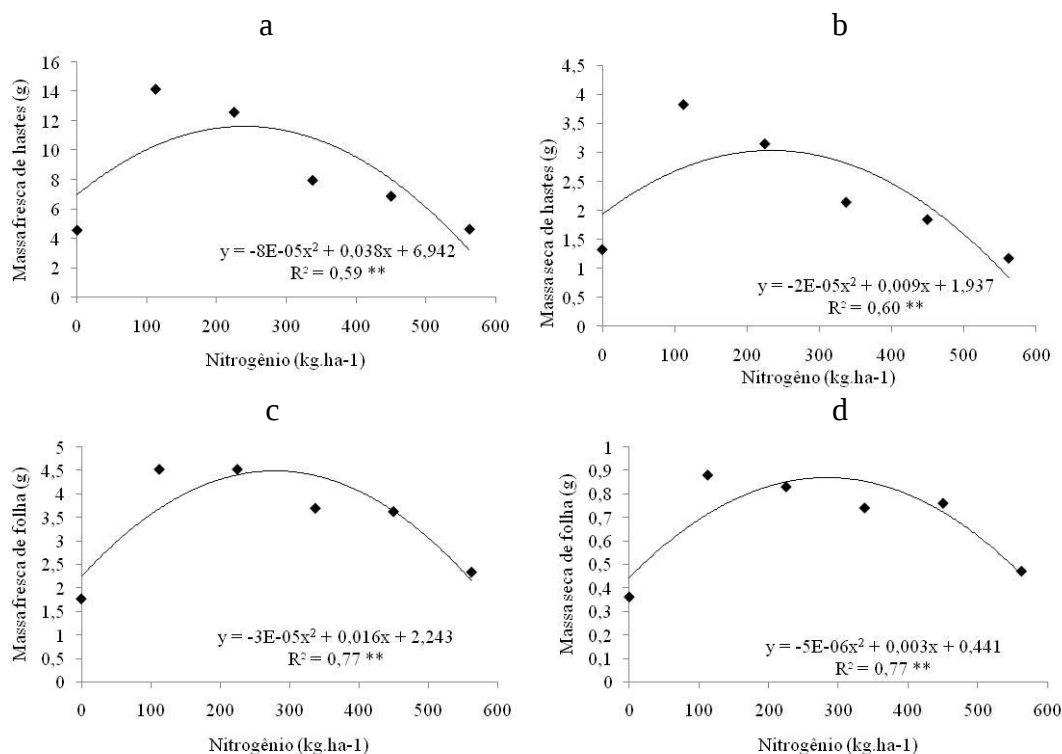
O aumento inicial com posterior decréscimo desse experimento é similar com o de Lozanovic; Stanojevic, (1988); Ferri et al. (1988), Noor-Mohammadi; Ehdale, (1979) em estudos com girassol quando verificaram que a produção de aquênios foi reduzida, quando aplicados altos níveis de fertilizantes nitrogenados, provavelmente, em razão do menor desenvolvimento do sistema radicular de acordo com Lozanovic e Stanojevic (1988).

De acordo com Almeida et al. (2000) as respostas à aplicação do N podem ser afetadas por qualquer tipo e nível de estresse devido ao ciclo da cultura, ao sistema radicular, à cultivar utilizada, às condições de clima e à situação do solo no local de semeadura, como, por exemplo, cultura anterior, teor de matéria orgânica, compactação do solo, textura e

irrigação, o que permite respostas diferenciadas de um ano para outro até mesmo na própria área.

Similar ao comportamento das variáveis encontradas na Figura 2, na Figura 3, a massa fresca e seca das hastes, folhas e capsulas com flores foram todas influenciadas pela aplicação de N, porém, e da mesma forma apresentando decréscimo após o ponto de máxima. Para Rahimi et al. (2011) vários estudos indicam que os níveis de nitrogênio para o cultivo de linhaça se situa entre 100 kg ha^{-1} e 150 kg ha^{-1} . Isso significa que doses superiores poderiam afetar o desenvolvimento da linhaça. Entretanto, sabendo que em condições tropicais, em função da temperatura e precipitação, há uma elevada possibilidade de perda da adubação nitrogenada provocada pela evaporação ou lixiviação, e como não foi praticamente encontrada literatura relacionada a doses de N em estudos em países de clima tropical, se optou neste trabalho por avaliar doses superiores aos encontrados na literatura de países de clima temperado.

O nutriente produz, inicialmente, um forte aumento na produção, atingindo um máximo com uma quantidade suficiente e logo após reduz o crescimento se o fornecimento for excessivo (Van Raij, 1991). De fato, neste experimento pode-se constatar a influência positiva da fertilização nitrogenada para os parâmetros aqui analisados, com aumento das respostas das plantas até os pontos de máximo e logo após passa a ter efeito depressivo.



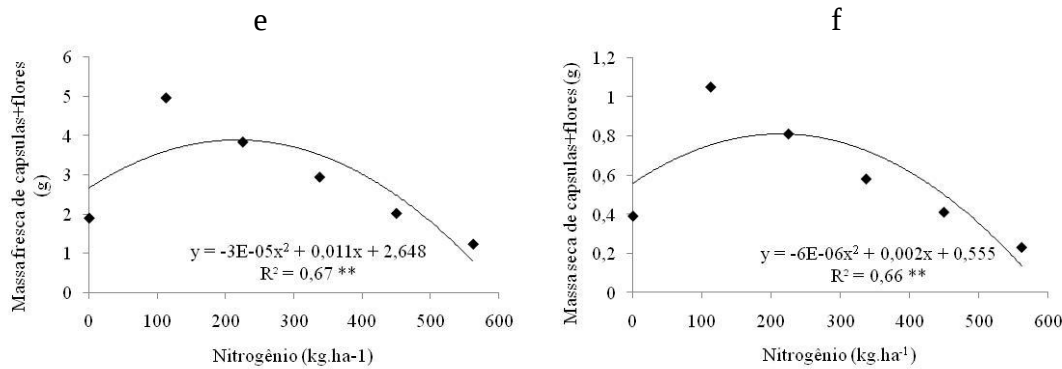


Figura 3: Massa fresca de hastes (Figura a), Massa seca de hastes (Figura b), Massa fresca de folha (Figura c), Massa seca de folha (Figura d), Massa fresca de cápsula+flores (figura e), Massa seca de capsula+flores (Figura f), F: **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

De acordo com Zhao et al. (2004) os componentes de massa seca da planta, massa seca das folhas tem maior queda com deficiência de N. De fato na linhaça dourada a menor quantidade de massa fresca e seca de folhas e a menor área foliar foram encontradas no tratamento sem aplicação de N. O aumento da taxa de N promove aumento da área foliar durante o desenvolvimento vegetativo e ajuda a manter a área foliar durante o período de crescimento da planta (Onasanya et al., 2009). Já Freitas (2010), em seu estudo com plantas de crambe, não obteve diferenças significativas quando avaliou a massa seca das plantas de crambe entre os tratamentos com adubação nitrogenada. Segundo Carvalho et al. (2001) as respostas a adubação nitrogenada, em geral, têm sido variáveis quanto à produção de massa seca da planta, sendo normalmente observados efeitos positivos.

As análises realizadas na época do florescimento mostraram resposta da planta a fertilização nitrogenada. Na colheita as análises determinaram as quantidades número, massa fresca (MF) e massa seca (MS) de cápsulas da linhaça dourada, concluindo pela influência na produção (Tabela 01).

Tabela 1. Análise da variância e teste de comparação de média de parâmetros de produtividade medidos em avaliação de linhaça dourada em função nitrogênio.

Características	Equação de regressão	R^2	$\frac{x_{m\acute{a}x}}{kgN \cdot ha^{-1}}$	$y_{m\acute{a}x}$
Nº cápsulas	$y = 44,41 + 21,12 \cdot 10^{-2}x - 33,34 \cdot 10^{-5}x^2$	0,98**	316,7	77,87
MF cápsulas (g)	$y = 2,78 + 16,92 \cdot 10^{-3}x - 26,19 \cdot 10^{-6}x^2$	0,96**	323,2	5,52
MS cápsulas (g)	$y = 2,18 + 12,15 \cdot 10^{-3}x - 19,34 \cdot 10^{-6}x^2$	0,97**	314,1	4,09

MF: massa fresca; MS: massa seca; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

Como se pode verificar abaixo (Figura 4), a produtividade acompanhou o desenvolvimento das plantas com aplicação de adubação nitrogenada. Os dados de número de cápsulas, massa fresca e seca de cápsulas apresentaram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). A média da massa das sementes não apresentou diferenças significativas entre si em função dos tratamentos; o teor de óleo das sementes não mostra uma tendência clara de variação por fertilização nitrogenada.

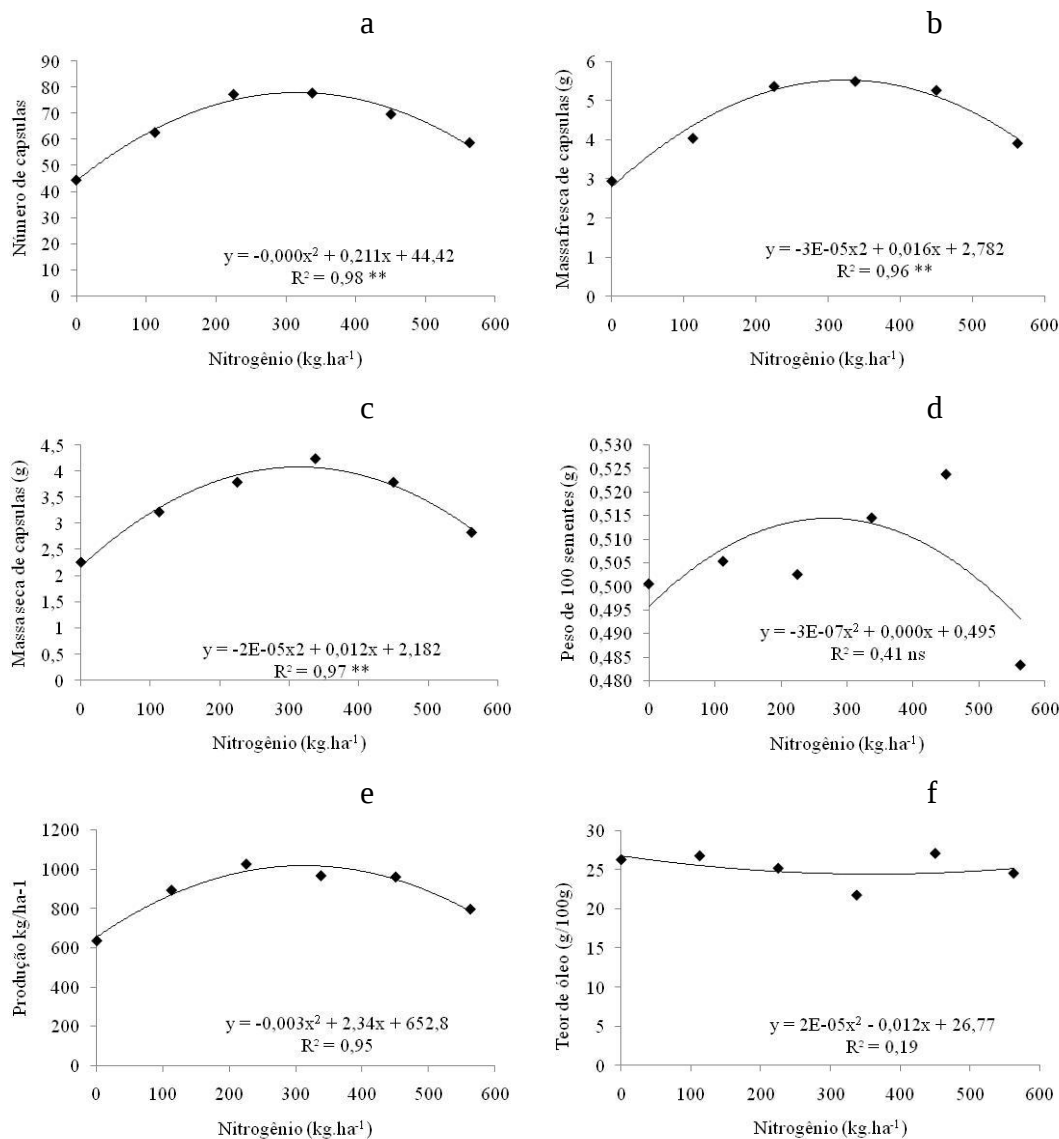


Figura 4: Número de cápsulas (Figura a), massa fresca de cápsulas (Figura b), massa seca de cápsulas (figura c), peso de 100 sementes (Figura d), produção kg.ha⁻¹ (Figura e), Teor de óleo (Figura f).

Estudos com outras oleaginosas mostram a influência do N na produtividade e rendimento. Cunha et al. (2011) em estudo com feijoeiro irrigado obteve a máxima produtividade com aplicação de dose estimada de 160kg/ha de uréia comum. Já Carvalho et al. (2003), verificou que na aplicação de doses de N em cobertura até a dose de 140kg/ha, o

rendimento máximo seria alcançado em dose superior. No Campus da UNESP de Ilha Solteira a máxima produtividade de grãos foi alcançada com a dose de 164kg/ha (Meira et al. 2005). Soratto et al. (2004), no sistema de plantio direto, estimaram a dose de 182kgN/ha para a produtividade máxima. Binotti et al. (2009), concluiu que a produtividade do feijoeiro irrigado no inverno é favorecida pelo aumento de produtividade até a dose de 198kgN/ha proporcionando um aumento de 44% em relação a testemunha.

Conclusão

Houve efeito da aplicação de nitrogênio para: (i) florescimento - altura de planta, número de cápsulas, área foliar, massa fresca e seca das folhas e da massa seca e fresca de capsula+flores; (ii) na colheita: número e massa fresca e seca de cápsulas; (iii) pós colheita: o ponto de máxima produtividade técnica para a linhaça foi com o uso estimado de 223 kg ha⁻¹ de N, já dose mais econômica foi com a aplicação de 142,8 kg ha⁻¹ de N.

Referências

- ALMEIDA, C. et al. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.2, p.293–298, 2000.
- BERTOZZO, F.; JANEGITZ, M.C.; LARA, A.C. DA.; SILVA, T.M.N. SILVA, I.P. DE F.; GRASSI FILHO, H. **Composto orgânico como fonte de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de crambe**. Botucatu-SP: UNESP, 2010.
- BINOTTI, F. F. S. et al. Fontes, doses e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.473-481, 2009.
- Carelli, M.L.C.; Ungaro, M.R.G.; Fahl, J.I.; Novo, M. do C. de S.S.; Níveis de nitrogênio, metabolismo, Crescimento e Produção de girassol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.8, p.123-130, 1996.
- CARVALHO, M.A.C. de; RAPASSI, R.M.A.; SÁ, M.E.; TARSITANO, M.A.A.; PROENÇA, E.R.; NEVES, C.M.T. de C.; COLOMBO, E.C.M. Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Bragantia**, v.62, p.397-404, 2003.
- CUNHA, P. C. R. et al. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n.1, p. 80-86, 2011.
- EHDAL, B. & NOOR-MOHAMMADI, G.H. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer on sunflower seed yield and other agronomic characters. **The Sunflower News**, 3:21-24, 1979.

FERRI, D.; DE GIORGIO, D. & LOPES, G. Effects of increasing N-doses on sunflower in two-year rotation with durum wheat. In: International Sunflower Conference, 12, Novi Sad, 1988. **Proceedings**. v.1, p.272-273.

FREITAS, M.E. **Desempenho agronômico do crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) em função da adubação e da densidade de semeadura**. Dourados-MS: UFGD/FCA, 2010.

FOYER, C. H. et al. Interactions between carbon and nitrogen metabolism. In: LEA, P.J.; MOROT-GAUDRY, J-F. Plant nitrogen. Berlin- **Springer: Verlag**, 2001. p.237-254.

LAWLOR, D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.53, n.370, p.773-787, 2002.

LOZANOVIC, M.; SATANOJEVIC, D. Effect of increasing nitrogen doses on important sunflower quantitative, biological, and morphologic traits of sunflower. In: **INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE**, 12., 1988.V.1, P.274-275.

MEIRA, F. A. Et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**., Brasília, v.40, n.4, p.383-388, abr. 2005

ONASANYA, R. O. et al. Growth and Yield Response of Maize (*Zea mays* L.) to Different Rates of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers in Southern Nigeria. **World Journal of Agricultural Sciences** 5 (4): 400-407, 2009.

SORATTO, R. P. et al. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e Adubação**. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, SP, 1991.

WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 660p.

ZHAO, D. et al. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. **Europ. J. Agronomy** 22, 391–403. 2005.

Recebido para publicação em: 18/07/2013

Aceito para publicação em: 15/09/2013