



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – UAEA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA-PPGEA**

**LUAN DANTAS DE OLIVEIRA**

**Dissertação de Mestrado**

**NITROGÊNIO E ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DO CRAMBE NA  
REGIÃO SEMIÁRIDA PARAIBANA**

**CAMPINA GRANDE-PB**

**2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – UAEA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA-PPGEA**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**NITROGÊNIO E ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DO CRAMBE NA  
REGIÃO SEMIÁRIDA PARAIBANA**

**LUAN DANTAS DE OLIVEIRA**

**CAMPINA GRANDE-PB**

**2020**

LUAN DANTAS DE OLIVEIRA

**NITROGÊNIO E ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DO CRAMBE NA  
REGIÃO SEMIÁRIDA PARAIBANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lúcia Helena Garófalo Chaves

**CAMPINA GRANDE-PB**

**2020**

O48n

Oliveira, Luan Dantas de.

Nitrogênio e espaçamento de plantio do crambe na região semiárida paraibana / Luan Dantas de Oliveira. – Campina Grande, 2020.

116 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Profª. Drª. Lúcia Helena Garófalo Chaves".

Referências.

1. *Crambe Abyssinica* H. 2. Densidade de Plantio. 3. Nutrição Mineral. I. Chaves, Lúcia Helena Garófalo. II. Título.

CDU 556(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

**LUAN DANTAS DE OLIVEIRA**

“NITROGÊNIO E ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DO CRAMBE NA REGIÃO SEMIARIDA PARAIBANA”

**APROVADO (A): 19 de fevereiro de 2020**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves**  
Orientadora – UAEA/CTRN/UFCEG

---

**Dr. Hugo Orlando Carvalho**  
Examinador – UAEA/CTRN/UFCEG

---

**Dra. Jucilene Silva Araújo**  
Examinadora – INSA/MCTIC

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à Deus, pelo amparo, benevolência; por se expor tão amplo e múltiplo diante do universo.

Agradeço, à minha família, pelo apoio. Em especial aos meus avós, M<sup>a</sup> Daguia e Mirabeau, exemplos de como saber viver. Ao meu apoio de todos os instantes durante os bem vividos nove anos, por construir uma esplêndida história comigo, Priscila. Minha Tia Socorro, presente nos instantes de necessidade e alegria.

A todos que fazem parte do programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande e do Instituto Nacional do Semiárido, funcionários competentes e dispostos diante de tanto trabalho e dificuldades.

Isauro e Joseane por tamanha bondade, o “meu muito obrigado”. Seguirei o exemplo dado onde quer que esteja.

Agradeço ao clã BBNews por serem fonte de tamanha diversão e companheirismo. É estonteante, de tão bom, a companhia de vocês. E a tantos outros companheiros de vida.

A orientadora, professora Lúcia. Excelência como profissional e fonte de saber. Sendo um exemplo do que me tornar. Sempre me auxiliando diante de todo e qualquer erro. Meu “muitíssimo obrigado, professora!”. “Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina” (Cora Coralina)!

Agradeço aos irmãos de pesquisa, Antônio, Ana Carolina, Felipe, Austro, André, Jéssica, Gleyka, Raul, Gil, e tantos outros que não caberiam nessas linhas.

E, não menos importante, agradeço a mim!

**“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”**

**Nelson Mandela**

## SUMÁRIO

<b>Capítulo I</b> .....	15
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	15
INTRODUÇÃO.....	16
HIPÓTESES .....	19
OBJETIVOS.....	19
OBJETIVO GERAL .....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
LITERATURA CITADA .....	20
<b>Capítulo II</b> .....	<b>22</b>
2. Estudo da Arte.....	22
A CULTURA DO CRAMBE.....	23
CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DO CRAMBE .....	24
FERTILIDADE DO SOLO .....	27
NITROGÊNIO .....	29
ESPAÇAMENTO.....	30
LITERATURA CITADA .....	33
<b>Capítulo III</b> .....	<b>38</b>
3. Artigos Produzidos.....	38
ADUBAÇÃO NITROGENADA E ESPAÇAMENTOS NOS COMPONENTES DE CRESCIMENTO DE CRAMBE NO SEMIÁRIDO PARAIBANO .....	39
RESUMO: .....	39
ABSTRACT .....	39
INTRODUÇÃO .....	40
MATERIAL E MÉTODOS .....	43
RESULTADO E DISCUSSÕES.....	46
CONCLUSÃO .....	54
LITERATURA CITADA.....	55
ADUBAÇÃO NITROGENADA E ESPAÇAMENTOS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE CRAMBE NO SEMIÁRIDO PARAIBANO.....	58
RESUMO .....	58
ABSTRACT .....	58
INTRODUÇÃO.....	59
MATERIAL E MÉTODOS.....	60

RESULTADO E DISCUSSÕES.....	63
CONCLUSÃO .....	70
LITERATURA CITADA.....	71

## NITROGÊNIO E ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DO CRAMBE NA REGIÃO SEMIÁRIDA PARAIBANA

**RESUMO:** Entre as várias espécies que estão sendo estudadas para produção de biodiesel, o crambe (*Crambe abyssinica*) demonstra ser um vegetal promissor. Possui baixo custo de plantio, elevado teor de óleo, bem como, fácil processo de extração; além disto, é uma alternativa para o sistema de rotação de culturas e expõem considerável adaptabilidade em condições climáticas semiáridas. Contudo, por ser uma espécie pouco conhecida no Semiárido Nordeste, vários estudos sobre o seu manejo precisam ser realizados. Mediante a necessidade de conhecimento para ampliação do cultivo dessa espécie o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento e produção do crambe (*Crambe abssynica* Hoehst.) sobre diferenciadas doses de adubação nitrogenada e espaçamentos, em condições semiáridas. O estudo foi conduzido através de experimentos em uma propriedade no campo de pesquisa do Instituto Nacional do Semiárido-INSA, situado no Município de Campina Grande-PB. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 2, sendo constituído de quatro doses de nitrogênio (30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>), com três repetições e dois espaçamentos distintos (0,20 e 0,40 metros); totalizando oito parcelas por cada bloco. As dosagens foram repartidas e aplicadas em três dosagens, aos 15, 30 e 45 DAS. Os parâmetros avaliados foram: altura de planta, número de ramificações por planta, número de siliquas por planta, produtividade, massa de 1000 grãos, massa seca de plantas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) empregando-se o Programa de Análise Estatística – SISVAR. No qual, foram obtidos resultados que constam, nas condições em que este experimento fora conduzido, a adubação nitrogenada de 120 kg ha<sup>-1</sup>, sob espaçamento de 0,40 m entre linhas de plantio, proporcionou os melhores resultados quanto a altura de planta, embora, A taxa de crescimento absoluta dos 60 aos 75 DAE, no espaçamento de 0,20 m sobressaiu-se ao de 0,40 m, a partir da dose de 90 kg ha<sup>-1</sup>. Os melhores resultados biométricos referentes ao diâmetro caulinar ocorreram sob a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup>, não havendo, por sua vez, interferência dos espaçamentos estudados nestas variáveis. A adubação nitrogenada com espaçamento de 0,40 m entre as linhas de plantio proporcionou os melhores resultados em relação aos componentes de produção, porém, ao medir a produtividade por área, o espaçamento de 0,20 m com a adubação de 120 kg ha<sup>-1</sup> supera os valores encontrados em espaçamento de 0,40m na mesma dosagem. Pois, apesar da menor produção por planta, nessa condição, há um número maior de plantas por área plantada e, portanto, maior incidência de siliquas por área.

**Palavras-chaves:** *Crambe abyssinica* H, densidade de plantio, nutrição mineral.

## NITROGEN AND CRAMBE PLANTING SPACING IN THE SEMI-ARID REGION OF PARAIBANA

**ABSTRACT:** Among the various species being studied for biodiesel production, crambe (*Crambe abyssinica*) proves to be a promising plant. It has low planting cost, high oil content, as well as an easy extraction process; in addition, it is an alternative to the crop rotation system and exhibits considerable adaptability in semi-arid climatic conditions. However, as it is a little known species in the semi-arid Northeast, several studies on its management need to be carried out. Due to the need for knowledge to expand the cultivation of this species, this study aimed to evaluate the development and production of crambe (*Crambe abssynica* Hoechst.) under different nitrogen fertilization rates and spacing, in semi-arid conditions. The study was conducted through experiments on a property in the research field of the Instituto Nacional do Semiárido-INSA, located in the city of Campina Grande-PB. The experimental design used was randomized blocks, in a 4 x 2 factorial scheme, consisting of four nitrogen rates (30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>), with three replications and two distinct spacings (0.20 and 0.40 meters); totaling eight installments for each block. The dosages were divided and applied in three dosages, at 15, 30 and 45 DAS. The parameters evaluated were: plant height, number of branches per plant, number of siliques per plant, yield, 1000 grain mass, plant dry mass. The data obtained were submitted to analysis of variance (F test) using the Statistical Analysis Program – SISVAR. In which, results were obtained that show, under the conditions in which this experiment was conducted, nitrogen fertilization of 120 kg ha<sup>-1</sup>, with a spacing of 0.40 m between planting lines, provided the best results for plant height, although, the absolute growth rate from 60 to 75 DAE, in the 0.20 m spacing, stood out from that of 0.40 m, from the dose of 90 kg ha<sup>-1</sup>. The best biometric results regarding the stem diameter occurred under the dose of 30 kg ha<sup>-1</sup>, with no interference of the spacing studied in these variables. Nitrogen fertilization with a spacing of 0.40 m between the planting lines provided the best results in relation to the production components, however, when measuring the yield per area, the spacing of 0.20 m with the fertilization of 120 kg ha<sup>-1</sup> exceeds the values found in spacing of 0.40m in the same dosage. Because, despite the lower production per plant, in this condition, there is a greater number of plants per planted area and, therefore, a higher incidence of siliques per area.

**Keywords:** *Crambe abyssinica* H, planting density, mineral nutrition

## **Capítulo I**

---

### **1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

## INTRODUÇÃO

Programas governamentais incentivando o cultivo de oleaginosas e o seu uso na produção de biocombustíveis ganharam elevada notoriedade em vários países, sendo que nas últimas décadas busca por soluções alternativas para a produção do biodiesel tem-se intensificado (Ramos et al., 2011). As grandes motivações para a produção de biodiesel são os benefícios socioambientais orientados, principalmente, pelo desenvolvimento regional e a inclusão social. A disseminação dos cultivos de oleaginosas destinadas ao biodiesel é uma importante alternativa para o progresso de regiões onde o desenvolvimento agrário ainda é deficiente. No Brasil, o Nordeste, particularmente, o semiárido Nordestino é uma das regiões onde se intensificam as pesquisas para a implantação do cultivo de oleaginosas em face à vulnerabilidade socioambiental dessa região (Monteiro, 2007).

Na produção do biodiesel pode ser empregado diversos tipos de óleos vegetais, dentre os quais destacam-se a soja, canola, girassol, algodão e dendê, sendo a soja responsável por 75% da matéria-prima utilizada para produção do biodiesel. A soja, permanece dominante neste mercado por apresentar vantagens tais como: forte consolidação no mercado e amplo cultivo em diversas regiões do Brasil. Contudo, esta cultura apresenta desvantagens como a baixa produção de óleo por hectare (0,2 a 0,4 ton óleo/ha) quando comparada com culturas como a canola (0,5 a 0,9 ton óleo/ha) e a concorrência pelo óleo com o setor alimentício. Desta forma, há elevada procura, científica e mercadológica, por oleaginosas que apresentem: a não utilização como alimento, baixo custo de implantação e manutenção agrícola, o não requerimento de mão-de-obra qualificada, possibilidade de cultivo em regiões pouco agricultáveis, ciclo curto e elevada produtividade (Mendes e Costa, 2010).

Neste cenário, por exibir alto teor de óleo, elevada adaptabilidade à diferentes condições edafoclimáticas, baixo custo de produção e precocidade no cultivo, o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) surge como alternativa atraente para a produção de biodiesel (Jasper et al., 2010). O crambe, nativa do continente Africano, pertence à família das Brassicaceae, assim como, a colza, canola e mostarda; o seu gênero é um dos mais ricos em espécie do mundo, possuindo cerca de trinta espécies, entretanto, trata-se do *Crambe abyssinica* Hochst. a espécie cultivada em maior escala. Esta cultura

disseminou-se em regiões com variadas condições climáticas, variando de climas marítimos moderados a climas semiáridos e áridos. A variedade de lugares onde o crambe é cultivado assegura sua elevada adaptabilidade a diferentes condições climáticas, reafirmando sua tolerância a diferentes estresses abióticos, em particular a seca e a salinidade (Rudloff e Wang, 2011).

Visando especificamente uma possibilidade de cultivo para regiões do semiárido brasileiro, o crambe expõe uma importante alternativa para o segmento econômico no desenvolvimento da agricultura familiar desta região. O óleo, provindo do crambe, pode, também, ser empregado na indústria química para a fabricação de polímeros e lubrificantes. O crambe apresenta toxicidade quando utilizado como ração animal, devido a alta concentração de ácido erúxico; contudo, o farelo é rico em nutrientes e há recomendações de sua implantação na formulação da ração alimentícia para bovinos, sendo recomendado até 5% do farelo na composição da torta (Vernini, 2014).

Entretanto, para implantação e cultivo do crambe faz-se necessário o estudo de aspectos importantes relativo à cultura, dentre os quais os fatores relacionados à nutrição mineral e absorção de nutrientes, bem como o arranjo entre espaçamentos. Tais fatores agronômicos podem influenciar diretamente na obtenção de uma produtividade satisfatória além da adaptação da cultura à melhores sistemas de colheita e produção. Contudo, atualmente, ainda escassas as informações a respeito do crambe no Brasil, especialmente sobre suas necessidades nutricionais. Sendo, assim, necessário pesquisas detalhadas sobre os aspectos agronômicos da cultura para sua fixação na matriz energética nacional (Colodetti et al., 2013).

Todavia, estudos apontam que o crambe absorve elevados teores de nitrogênio, tendo em vista a alta taxa de proteínas contida em seu grão (Souza et al., 2009; Ledur, 2013). Além disto, na canola, pertencente à família das Brassicaceae, assim como o crambe, a utilização de nitrogênio fomentou no aumento do teor de óleo da semente, bem como no número de síliquas por planta e na massa de mil grãos (Sanches et al., 2014). Diversas pesquisas relacionam as altas produtividades e o desenvolvimento adequado da canola com as super dosagens de nitrogênio (Kamkar et al., 2011; Dogan et al., 2011; Beaudette et al., 2010). Estando, dessa forma, o nitrogênio diretamente relacionado com o incremento na produção da cultura e, na deficiência deste nutriente, há limitações no rendimento das sementes (Öztürk, 2010).

Além disso, pesquisas sobre a densidade e espaçamento no cultivo de culturas também são essenciais, pois esse parâmetro, espaçamento, é necessário para evitar a menor produtividade de grãos devido a competição entre plantas pelos nutrientes e fornecimento hídrico do solo. Alguns estudos com a cultura do crambe apontam não haver grandes implicações na produtividade em decorrência da densidade no plantio, entretanto, há discordâncias quanto ao melhor espaçamento, sendo sugerido de 0,20 à 0,51 m por planta (Freitas, 2010; Viana et al., 2015).

Partindo dos pressupostos acima mencionados, a implantação de oleaginosas, em especial, a cultura do crambe, é uma boa opção para o desenvolvimento agrário da região do semiárido paraibano devido a sua elevada produção de óleo. Entretanto, são escassas as informações sobre o seu cultivo e, principalmente, da sua necessidade nutritiva.

## HIPÓTESES

- É possível obter produções satisfatórias do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) no semiárido paraibano;
- O espaçamento reduz os efeitos da competição entre plantas do crambe;
- O maior espaçamento entre plantas favorece a maior produção;
- Doses elevadas de nitrogênio possibilita o melhor desenvolvimento vegetativo do crambe;
- O maior espaçamento implica numa menor aplicação de fertilizante nitrogenado.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

Objetiva-se avaliar o desenvolvimento e produção do crambe (*Crambe abssynica* Hochst.) sobre diferenciadas doses de adubação nitrogenada e espaçamentos, em condições semiáridas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desenvolvimento de plantas: Altura de plantas, número de ramificações por planta, número de síliquas por planta e teor de N e proteína nos grãos.
- Analisar os seguintes parâmetros de produtividade: Massa de 1000 grãos e produção por hectare.

## LITERATURA CITADA

- BEAUDETTE, C.; BRADLEY, R. L.; WHALEN J. K.; MCVETTY, P. B. E.; VESSEY, K.; SMITH, D. L. Tree-based intercropping does not compromise canola (*Brassica napus* L.) seed oil yield and reduces soil nitrous oxide emissions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.139, p.33-39, 2010.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; CHRISTO, L. F.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Perda de biomassa causada pela deficiência de macronutrientes em Crambe Abyssinica. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 17, p. 2027-2038, 2013.
- DOGAN, E.; COPUR, O.; KAHRAMAN, A.; KIRNAK, H.; GULDUR, M. E. Supplemental irrigation effect on canola yield components under semiarid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, v.98, p.1403-1408, 2011.
- FREITAS, M. E. Desempenho agrônômico do crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) em função da adubação e da densidade de semeadura. 43f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Produção Vegetal).Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2010.
- JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A.; SEKI, A. S.; BUENO, O. C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) produzida em plantio direto. *Engenharia Agrícola*, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.
- KAMKAR, B.; DANESHMAND, A. R.; GHOOSHCHI, F.; SHIRANIRAD, A. H.; SAFAHANILANGEUDI, A. R. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under semiarid environment. *Agricultural Water Management*, v.98, p.1005-1012, 2011.
- LEDUR, E. O. Adubação com nitrogênio e fósforo em Crambe na região oeste do Paraná. 68f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2013.
- MENDES, A. P. A.; COSTA, R. C. Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras. *BNDES Setorial Biocombustíveis, Biblioteca Digital*, v. 31, p. 253-280, 2010.
- MONTEIRO, J. M. G. Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semiárido nordestino para produção de biodiesel como estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. 302f. Tese (Doutorado em Ciência em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- ÖZTÜRK, Ö. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components

- and quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Chilean Journal of Agricultural Research, v.70, p.132-141, 2010.
- RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRICH, A. S.; CORDEIRO, C. S. Tecnologia de produção de biodiesel. Revista Virtual de Química, v. 3, n. 5, p. 385-405, 2011.
- RUDLOFF, E.; WANG, Y. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources Oilseeds. 1. ed. Springer, 2011. 295p.
- SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RAMOS, W. B.; MAUAD, M.; SANTOS, S.; BISCARO, G. A. Produtividade da canola sob irrigação e doses de adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 7, p. 688-693, 2014.
- VERNINI, A. A. Viabilidade econômica de três miniusinas para produção de biodiesel utilizando como matéria prima o óleo de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.). 66f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo, 2014.
- VIANA, O. H.; SANTOS, R. F.; OLIVEIRA, R. C.; SECCO, D.; SOUZA, S. N. M.; KAZUE, L. T.; SILVA, T. R. B.; GURGACZ, F. Crambe (*Crambe abyssinica* H.) development and productivity under different sowing densities. Australian Journal of Crop Science, v. 9, n. 8, p. 690, 2015.

## **Capítulo II**

---

### **2. Estudo da Arte**

## A CULTURA DO CRAMBE

O crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst.), é uma planta originária da Etiópia, o qual, disseminou-se pela região do Mediterrâneo e partes da África Oriental, adaptando-se, desta forma, a diferentes condições climáticas (Wang et al., 2000). Atualmente, o crambe é cultivado na África tropical e subtropical, na região do Oriente Próximo, Ásia Ocidental e Central, Estados Unidos e América do Sul (Li et al., 2012). Essa variação quanto ao local de cultivo assegura a adaptabilidade do crambe às diferentes condições edafoclimáticas.

No Brasil, o interesse pela cultura do crambe surgiu na região centro-oeste do país objetivando, inicialmente, avaliar o comportamento dessas plantas como cobertura de solo, sendo usadas, em seguida, pelos agricultores como forrageira alternativa na rotação de culturas e cobertura de solos para o plantio direto no período de inverno (Baez, 2007; Pitol, 2008).

O crambe é uma alternativa interessante para pesquisas voltadas para a bioindústria e produção energética por apresentar vantagens tais como o alto teor de óleo presente em suas sementes, ciclo curto seguido de precocidade de colheita, rusticidade, alta tolerância a condições edafoclimáticas desfavoráveis para a maioria das culturas, baixo custo de produção e maior produção de óleo quando comparado com culturas como girassol, nabo forrageiro, canola e pinhão manso, dentre outras propriedades agrônômicas benéficas da cultura (Jasper et al., 2010). Para a região semiárida do Nordeste brasileiro, em que há escassez hídrica, pouca diversificação de cultivos adaptáveis com as condições da região e ausência de sistemas produtivos compatíveis com os já adotados pelos agricultores, o crambe também é uma alternativa atraente (Lima et al., 2007).

Levando-se em consideração as crescentes preocupações com as mudanças climáticas e a poluição, a busca por fontes energéticas alternativas e mais ecológicas tem se tornado uma força motriz para o desenvolvimento de estudos com diferentes fontes de matéria-prima para produção do biodiesel (Costa et al., 2019).

Devido ao alto teor de óleo presente em suas sementes, por ser considerada uma oleaginosa não alimentar, não competindo com as culturas destinadas à produção de alimentos (Jasper et al., 2010), o crambe tem atraído a atenção e interesse de diversas instituições como centros de pesquisas e empresas, ambos atraídos pelo uso do seu óleo

como biomassa na produção de biocombustíveis e bioprodutos (Guan, 2014; Santos et al., 2013).

Atualmente, sabe-se que o biodiesel se destaca não só pelas benfeitorias ambientais, mas, também, por fornecer viabilidades para o progresso agrário, propiciando desenvolvimento social decorrente da elevada geração de empregos por capital investido, valorização do campo e a promoção do empregado rural com a organização da cadeia produtiva, promovendo, assim, a necessidade de mão de obra qualificada em proveito do cultivo da planta, colheita, processamento e beneficiamento do óleo (Lima, 2004). Desta forma, o cultivo do crambe pode ser considerado um vetor de progresso para regiões no qual o desenvolvimento agrário é deficiente.

Na literatura, não se encontra o preço exato para a comercialização do óleo de crambe, entretanto, há informações informais sobre sua precificação, variando um pouco mais alto que o custo de produção, alcançando margens de 30%, demonstrando, assim, um excelente custo-benefício (Costa et al., 2019). Essas vantagens tornaram pesquisas relacionadas à safra do crambe muito atraentes, alcançando, assim, o posto de segunda oleaginosa mais estudada e referenciada em revistas científicas no ano de 2010 e 2011 (Marins et al., 2018).

Tendo como intuito o estudo preliminar de uma nova oleaginosa, o crambe possui potencial considerável como fonte de óleo para a produção de biodiesel, apresentando bom rendimento na produção de óleo por hectare por ano (Machado et al., 2007). Contudo, para a implantação da cultura do crambe, é necessário a priorização por meios de cultivo em que se avalie os atributos sob aspectos agronômicos e tecnológicos, como produtividade, teor de óleo, nutrição vegetal, ciclo da cultura e consumo hídrico.

## CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DO CRAMBE

O crambe, pertencente à família das Brassicaceae, assim como, a colza, canola e mostarda (Pitol et al., 2010), possui cerca de trinta espécies, entretanto, trata-se do *Crambe abyssinica* Hochst., a espécie cultivada em maior escala (Desai et al., 1997).

A planta de crambe é considerada herbácea anual podendo atingir, se as condições forem favoráveis, uma altura entre 1 e 2 metros, com numerosos ramos e folhas com estrutura oval e assimétrica; sua lâmina foliar possui uma largura em torno de 7,5 a 10cm,

com superfície lisa; o pecíolo é pubescente com canalização de aproximadamente 8 cm de comprimento (Oplinger et al., 1991).

Em suas folhas, o crambe possui uma substância chamada de glicosinolato, considerado repelente e com caráter inseticida para algumas espécies; não se tem nenhum registro de pragas sérias no crambe, nem de parte aérea nem de raízes. O crambe só tem problemas com alguns fungos quando há chuvas intensas no final do ciclo, o que é muito atípico. Então, não se recomenda controle químico para pragas e doenças (Roscoe et al., 2010).

As flores do crambe são relativamente pequenas e de coloração branca, inicialmente encontram-se comprimidas nos extremos das suas hastes, mas, posteriormente, são distribuídas frouxamente ao longo do caule. Dotada de estrutura predominante autopolinizante, a floração do crambe possui um período indeterminado, podendo chegar a mais de 2 meses (Falasca et al., 2010). Seu fruto é uma síliquis de forma esférica inicialmente verde, tornando-se amarelas e marrons com a maturidade e distribuídas por todos os galhos da planta. Cada síliquis possui uma semente de cor verde ou marrom esverdeado com diâmetro entre 0,8 a 2,5 mm (Desai et al., 1997).

Possuindo características específicas, as sementes do crambe, são albuminosas, ortodoxas, do tipo cariopse e tem seu eixo embrionário curvo, com presença de plúmula protegida por uma fina cobertura mucilaginosa (Souza et al., 2009). Apresentam formato esférico e são mantidas em pequenas cápsulas que permanecem aderidas as sementes mesmo após à colheita. Essas cápsulas, também chamado de síliquis, correspondem a um volume entre 25 a 30% do peso total do fruto, sendo, o peso de 1000 sementes aproximadamente de 6 a 10 g (Falasca et al., 2010).

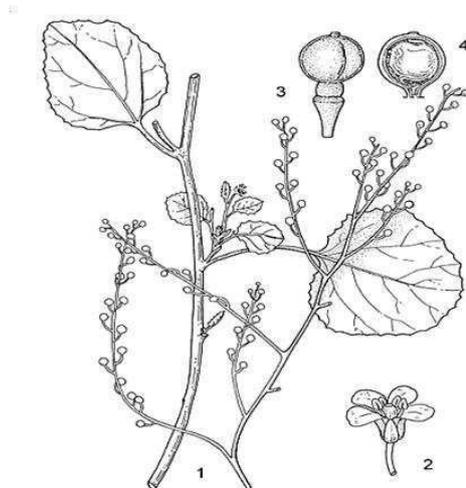


Figura 1. Composição do *Crambe abyssinica*: 1- hastes da planta em fase de frutificação; 2- flor; 3- fruto (silíqua); 4- Corte longitudinal da parte superior do fruto; o pericarpo em volta da semente. (Fonte:)

As sementes apresentam elevado teor de óleo, com valores entre 30 e 45% da semente, garantindo um considerável potencial para extração e produção de derivados (Toebe et al., 2010). Geralmente são dormentes, assim, estudos vêm se intensificando nessa linha, para adequar o melhor tratamento de superação dessa dormência, reduzindo, assim, a desuniformidade na germinação (Costa et al., 2010).

O crambe, apesar de apresentar elevada resistência à seca, ao longo da germinação e estabelecimento da lavoura requer boa umidade do solo e após o florescimento, a seca é ideal para seu desenvolvimento e baixa incidência de doenças. É sensível a geadas fortes na fase de plântula e no florescimento (Pitol et al., 2010).

O crambe, semelhante às outras plantas superiores, necessita de macro e micronutrientes, tanto os encontrados no solo como resultado da fertilidade natural, quanto os incorporados pelos fertilizantes e corretivos. Considerada uma cultura recicladora de nutrientes do solo, o crambe, aproveita adubações residuais de espécies antecessores, bem como, responde a adubações no plantio. Apesar de responder aos nutrientes, não há especificação da dosagem de adubo aplicado (Lunelli, 2012).

O crambe é exigente quanto à acidez do solo, não tolera solos ácidos e com alumínio tóxico; os solos para seu cultivo devem ser eutróficos ou corrigidos, sendo de extrema importância as condições da camada sub-superficial (20-40 cm), fundamentais para o desenvolvimento de seu sistema radicular pivotante. O aprofundamento de raiz é

fundamental para que expresse as características de tolerância à seca (FMS, 2011). Portanto, para o seu adequado desenvolvimento, os solos devem ser férteis (média a alta fertilidade), bem drenados e com pH entre 6,0 a 7,5. A camada de 0-20 cm deve estar corrigida, quando necessário, e a de 20-40 cm com baixa saturação por  $Al^{3+}$  (Pitol et al., 2010).

No período de 90 a 95 dias após a semeadura, a cultura do crambe alcança a maturidade fisiológica, sendo que, próximo ao término do ciclo, é comum que ocorra a abscisão foliar, desta forma, as folhas tendem a secar e, conseqüentemente, caem (Pitol et al., 2010). O ponto de colheita é alguns dias após as síliquas e as hastes começarem a amarelar e secar. Sua colheita é realizada com umidade de sementes entre 13 a 15 % no campo, podendo-se utilizar maquinários empregados na soja e no milho, com pequenas adaptações. Devido sua desuniformidade na maturação, perdas por meio da debulha de grãos e queda de frutos secos podem ocorrer, principalmente quando incidência de ventos fortes e chuvas excessivas. (Pitol et al., 2010).

## FERTILIDADE DO SOLO

O solo, sob o ponto de vista agrícola, apresenta propriedades e atributos notáveis que lhe permite fornecer sustento, físico, nutricional e hídrico, para as culturas. Contudo, o atendimento adequado da demanda nutricional depende da exigência do vegetal, do seu ciclo vegetativo, das condições físicas e químicas do solo, assim como, do fornecimento hídrico apropriado (Brady & Weil, 2018).

Como ciência, a fertilidade do solo procura compreender a capacidade do solo em suprir os nutrientes às plantas. A fertilidade do solo, por sua vez, excritérios como os elementos essenciais presentes no solo, o fornecimento dos nutrientes, seu manejo e, não menos importante, a interação dos nutrientes com o vegetal, visando, desta forma, a disponibilização dos nutrientes de maneira satisfatória e a correção, quando necessário, das deficiências e excessos dos nutrientes no solo. À vista disso, a fertilidade do solo, consiste no suprimento e balanceamento adequado no fornecimento de nutrientes essenciais, de forma assimilável, ausente de materiais tóxicos e providos de atributos químicos e físicos satisfatórios (Mello et al., 1993).

Assim, objetivando o apropriado desenvolvimento vegetativo da planta com qualidade e produção satisfatória é primordial o fornecimento hídrico e, não menos importante, a disponibilização de nutrientes, na quantidade e no momento oportuno (Feltrin et al., 2009). Deste modo, fatores como dosagem, época e localização de aplicação do fertilizante são consideráveis na maximização e eficácia do aproveitamento dos nutrientes, além de minimizar suas perdas. Indica-se que a adubação seja aplicada de forma periódica para o ideal suprimento da demanda de nutrientes que são removidos a cada colheita, de forma que reponha as reservas dos solos e mantenha o crescimento dos próximos cultivos no solo (Feigenbaum et al., 1987).

Os nutrientes, macro e micronutrientes, são constituintes naturais dos minerais e da matéria orgânica presentes no solo e encontram-se também dissolvidos na solução do solo. Contudo, pode ocorrer que um ou vários nutrientes estejam ausentes ou de forma não assimilável para os vegetais sendo, por sua vez, impossibilitados de serem absorvidos pelas raízes (Ronquim, 2010). Os macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), são absorvidos pelos vegetais em maiores proporções, quando comparado com os micronutrientes; o que tendem a acarretar na oneração da capacidade da maioria dos solos; neste caso, para suprir a necessidade dos vegetais, adiciona-se fertilizantes com concentrações propícias destes nutrientes.

A fertilidade natural está relacionada com as características e condições do solo, sendo resultado direto ou indireto da ação intempérica ocorrida nesse meio, dos efeitos da atividade antrópica e microbiológica, e, principalmente, do manejo e conservação do solo. Entretanto, atualmente, sabe-se que a existência da fertilidade do solo, como atributo desse meio, embora interessante, não é mais um fator crucial para implantação de cultivos, visto que, a utilização racional de fertilizantes químicos possibilita a produção agrícola em solos que antes eram tidos como inférteis ou improdutivos.

Os solos das regiões semiáridas e áridas foram, por muito tempo, considerados inviáveis para o desenvolvimento da agricultura estando à margem do aproveitamento econômico (Cunha et al., 2010). Essa imagem errônea e historicamente construída sobre um espaço-problema de solos inférteis influenciou demasiados diagnósticos e, também, as proposições sobre o semiárido. Contudo, a natureza dessa região ainda dispõe de solos sem grandes impedimentos, relevo favorável e elevada taxa de luminosidade solar. Atrelados a agricultura irrigada e a fertilização química, esse conjunto de fatores pode

favorecer a ampliação e desenvolvimento do setor agrário. Sendo, por sua vez, necessário o estudo da tecnologia agrícola empregada e, principalmente, no manejo adequado (Freitas, 2010).

## NITROGÊNIO

O nitrogênio é um elemento essencial para o processo de crescimento da planta, considerado um macronutriente, atuando em várias atividades fisiológicas do vegetal, dentre os quais destacam-se sua ação em atividades enzimáticas, na clorofila, no estímulo à captação de nutrientes pelo sistema radicular, impulsionando, desta forma, o crescimento e desenvolvimento adequado da planta (Malavolta, 2006).

O nitrogênio não é um mineral, ele chega ao solo através do ar ou pela adubação; as chuvas tropicais acrescentam ao solo cerca de 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio por ano (Primavesi, 2002). Sob o ponto de vista da nutrição nitrogenada, para os vegetais, não é relevante a fonte utilizada para a fertilização (orgânica ou mineral), desde que seja aplicada de maneira apropriada e capaz de disponibilizar a fração de N exigida pelas plantas (Boeira, 2004).

Quanto à absorção desse nutriente pelo vegetal há fatores importantes que se deve levar em consideração como temperatura e disponibilidade hídrica no solo, pois quanto maior a temperatura mais rápida é a absorção, até o momento em que a água se torne o fator limitante, sendo, desta forma, condições preocupantes principalmente em regiões semiáridas. De acordo com Primavesi (2002), o nitrogênio é o primeiro elemento a ter sua absorção prejudicada nos períodos de seca, necessitando, conseqüentemente, de adubações maiores de modo que contrabalancei esta deficiência.

Contudo, adubações excessivas, seja a fonte de N de origem orgânica ou mineral, exibe a possibilidade de causar danos ao solo e, principalmente, às águas dos lençóis freáticos e demais fontes hídricas (Boeira, 2004). Aplicado ao solo, o comportamento do N, varia de acordo com a fonte utilizada, tipo de solo, manejo da adubação, solubilidade (geralmente elevada em adubações químicas) dentre outras condições necessárias de atenção no estudo da aplicação do fertilizante (Mumbach et al., 2016).

No entanto, mesmo sendo de conhecimento a importância da adubação no sucesso produtivo dos vegetais, em algumas culturas ainda são pouco conhecidas a interação e respostas ao uso de fertilizantes. Na cultura do crambe, sabe-se que esta planta absorve altas quantidades de nitrogênio (N) em decorrência do elevado teor de proteínas presentes nos grãos (Souza et al., 2009). Segundo Chaves & Ledur (2014) a aplicação de adubo nitrogenado no sulco de semeadura de crambe aumenta a produção de biomassa, o rendimento de grãos e o teor de N nas suas folhas.

De acordo com Cordeiro et al. (1999), na canola, pertencente à família das Brassicaceae, assim como o crambe, há elevadas exigências de nutrientes, requerendo, de maneira geral, mais nutrientes que grande parte das culturas. Estudos apontam que a deficiência nutritiva de nitrogênio reduz bruscamente a produtividade da canola, em contrapartida, o uso excessivo acarreta o prolongamento da fase vegetativa, podendo, desta forma, aumentar a susceptibilidade a patógenos, como também, promover a queima de folhas e a diminuição no teor de óleo presente na siliquas.

Neste sentido, Bredemeier et al. (2013), ressaltam que as reais necessidades da planta não são supridas de forma apropriada se a utilização de dosagens for acima ou abaixo do necessário. Assim, é essencial a utilização de pesquisas que estimem a quantidade e época ideal para o fornecimento do N às plantas, bem como, o potencial produtivo e as demais repostas do vegetal à aplicação deste nutriente.

## ESPAÇAMENTO

O espaçamento entre as linhas de cultivo pode ser manipulado, com a finalidade de estabelecer o arranjo mais adequado à obtenção de maior produtividade e adaptação à colheita e produção. A interação entre as plantas de uma comunidade induz a mudanças morfológicas e fisiológicas, que são importantes para a determinação do potencial produtivo das culturas. As respostas à densidade de plantas incluem mudanças na arquitetura da comunidade, no crescimento, no desenvolvimento e na absorção e partição de assimilados pelas plantas (Casal et al., 1985).

O estudo do comportamento das plantas em comunidade e dos fatores que afetam o rendimento de grãos tem sido objeto de muitos trabalhos. Nesse sentido, Almeida et al.

(1998) apresentaram uma proposta de modelo de planta que seria mais eficiente em comunidade. Nessa proposta, os autores defendem a idéia de que para maximizar a exploração do ambiente é necessário que se disponha de plantas que tolerem a competição, investindo o mínimo em estruturas morfológicas e interferindo pouco sobre a performance dos seus vizinhos.

A maior expressão do potencial produtivo das cultivares depende das condições do meio onde as plantas irão desenvolver-se. Assim, alterações relacionadas com a população de plantas podem reduzir ou aumentar os ganhos em produtividade, pois essa característica é consequência da densidade das plantas nas linhas e do seu espaçamento entre as linhas. A população de plantas é o fator que menos afeta a produtividade, desde que as plantas estejam distribuídas uniformemente na área (Endres, 1996).

Dentre às práticas empregadas para o incremento de produtividade, o arranjo espacial com menor espaçamento entre as linhas de semeadura aumenta a equidistância entre as plantas, constituindo uma alternativa importante para melhoria de resultados (Von Pinho et al., 2008). Todavia, existe um limite máximo de plantas em um determinado espaço, em função da competição fisiológica entre elas.

A modificação no arranjo de plantas, por meio de variações no espaçamento entre linhas ou entre plantas dentro das linhas, pode ser uma alternativa para se alcançar maior produtividade de grãos de canola (Krüger et al., 2011). No entanto, as culturas somente expressam o seu potencial produtivo máximo (produção de grãos e folhas) em condições de ausência de fatores de estresse e com a máxima interceptação de radiação solar, o que justifica a necessidade do ajuste adequado do dossel conforme a espécie, a cultivar, e os demais fatores que podem contribuir em sua expressão morfológica (Argenta et al., 2001).

Na canola, a compensação em baixas densidades de plantas é obtida por meio da produção de maior área foliar e da maior produção de ramos e síliquas por plantas (Diepenbrock, 2000). O aumento da densidade de plantas nessa espécie tende a afetar tanto os componentes da produtividade de grãos, com modificações no conteúdo de óleo e redução no índice de colheita da cultura (Leach et al., 1999; Angadi et al., 2008), como a maior estabilidade e uniformidade na produtividade de grãos, que é considerada mais estável quando as plantas estão uniformemente distribuídas (Shahin e Valiollah, 2009). Contudo, com a familiaridade do crambe com a canola espera-se um comportamento

quanto a produção similar a esta evidenciando, desta forma, a necessidade de estudos com diferentes espaçamentos.

## LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M., SANGOI, L. Conceito de ideotipo e seu uso no aumento do rendimento potencial de cereais. *Ciência Rural*, v. 28, n. 2, p. 325-332, 1998.
- ANGADI, S.V.; MCCONKEY, B.G.; CUTFORTH, H.W.; MILLER, P.R.; ULRICH, D.; SELLES, F.; VOLKMAR, K.M.; ENTZ, M.H.; BRANDT, S.A. Adaptation of alternative pulse and oilseed crops to the semiarid Canadian Prairie: Seed yield and water use efficiency. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 88, n. 3, p. 425-438, 2008.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. *Ciência Rural*, v.31, p.1075-1084, 2001.
- BAEZ, O. Crambe a grande aposta das pesquisas em Mato Grosso do Sul. *Pantanal News*, 2007. Disponível em: <<http://www.biodiselbr.com/noticias/em-foco/crambe-grande-aposta-pesquisas-mato-grosso-sul.htm>>. Acesso em: 08 de junho de 2019
- BOEIRA, R. Uso de lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solo tropical. *Comunicado Técnico*, 12. Jaguariúna, SP :Embrapa Meio Ambiente, 2004. 3p.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *Elements of the Nature and Properties of Soils*. 4.ed. Pearson, 2018. 768p.
- BREDEMEIER, C; VARIANI, C; ALMEIDA, D; ROSA, A.T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. *Ciência Rural*, v.43, n.7, p.1147-1154, 2013.
- CASAL, J.J.; DEREGIBUS, V.A.; SÁNCHEZ, R.A. Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. *Annals of Botany*, v.56, p. 533-559, 1985.
- CHAVES, L. H. G.; LEDUR, E. O. Effect of nitrogen and phosphorus in the development of crambe culture. *American Society of Agricultural and Biological Engineers. Transactions*, v.1, p.1-10, 2014.
- CORDEIRO, L.A.M.; REIS, M.S.; MANTOVANI-ALVARENGA, E. A cultura da canola. Viçosa: UFV, 1999. 50 p. (Cadernos didáticos, 60).
- COSTA, E.; ALMEIDA, M. F.; ALVIM-FERRAZ, C; DIAS, J. M. The cycle of biodiesel

- production from *Crambe abyssinica* in Portugal. *Industrial Crops and Products*, v. 129, p. 51–58, 2019.
- COSTA, F.P.; MARTINS, L.D.; LOPES, J.C. Influência de tratamentos químicos e físicos na germinação de sementes de *Crambe*. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 14.; Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 10.; Encontro Latino Americano de Iniciação Científica Júnior, 4., 2010. Universidade do Vale do Paraíba, 2010. 5p.
- CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da; ALVAREZ, I. A. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010, cap. 2, p. 50-87.
- DESAI, B. B.; KOTTECHA, P.M.; SALUNKHE, D. K. *Seeds handbook: biology, production, processing and storage*. 2. ed. Michigan: Marcel Dekker, 1997. 627p.
- DIEPENBROCK, W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*, v.67, n.1, p.35-49, 2000.
- ENDRES, V. C. Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: *Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso*. EMBRAPA: Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, 1996. p.82-85.
- FALASCA, S. L.; FLORES, N.; LAMAS, M. C.; CARBALLO, S. M.; ANSCHAU, A. *Crambe abyssinica*: Anal mostun known crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 35, n. 11, p. 5808-5812, 2010.
- FEIGENBAUM, S.; BIELORAI, H.; ERNER, Y.; DASBERG, S. The fate of <sup>15</sup>N labeled nitrogen applied to mature citrus trees. *Plant and Soil*, v.97, n. 2, p.179-187, 1987.
- FELTRIN, M. D.; POTT, A.C.; FURLANI, R.P.; CARVALHO, L. R. C. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.4, n.1, p. 17-24, 2009.
- FREITAS, M. E. Comportamento Agrônomo da cultura do *Crambe* (*Crambe Abyssinica* Hochst) em função do manejo empregado. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Produção Vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.
- FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. *Crambe FMS Brilhante*. Maracajú, 2011.

Disponível em: [www.fundacaoms.org.br/page.php?34](http://www.fundacaoms.org.br/page.php?34). Acesso em 10 de setembro de 2018.

- GUAN, R. Metabolic Engineering of *Crambe abyssinica* for Producing High Erucic Acid Oil. 49p. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, 2014.
- JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A.; SEKI, A. S.; BUENO, O. C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.
- KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. Revista Agropecuária Brasileira, v. 46, p. 1448-1453, 2011.
- LEACH, J.E.; STEVENSON, H.J.; RAINBOW, A.J.; MULLEN, L.A. Effects of high plant populations on the growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Science, v.132, n.2, p.173-180, 1999.
- LI, X.; VAN LOO, E. N.; GRUBER, J.; FAN, J.; GUAN, R.; FRENTZEN, M., STYMNE, F. S.; ZHU, L. H. Development of ultra-high erucic acid oil in the industrial oil crop *Crambe abyssinica*. Plant Biotechnology Journal, v. 10. n. 7, p. 862-870, 2012.
- LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. F.; LEDO, C. A.S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Caricapapaya* L.) em casa de vegetação. Ciência e Agrotecnologia, v. 31, n. 5, p. 1358–1363, 2007.
- LUNELLI, I. E. Efeitos de arranjos nutricionais de NPK na produtividade de grãos e rendimento de óleo da cultura do crambe. 40f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR,2012.
- MACHADO, M. F.; BRASIL, A. N.; OLIVEIRA, L. S.; NUNES, D. L. Estudo do crambe (*Crambe abyssinica*) como fonte de óleo para produção de biodiesel. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2. 2007.
- MALAVOLTA, E. Manual de Mineral de Plantas. São Paulo: Agronômica, 2006. 638p.
- MARINS, A.; REICHERT, J.; SECCO, D.; ROSA, H.; VELOSO, G. Crambe grain yield and oil content affected by spatial variability in soil physical properties. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 81, n.1, p. 464–472, 2018.
- MELLO, F. A. F.; BRASIL, M. O. C. S.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA, A. N. KIEHL, J.C. Fertilidade do solo. 3.ed. São Paulo: Nobel,1987. 400p.

- MUMBACH, G. L.; GATIBONI, L. C.; BONA, F. D.; SCHMITT, D. E.; BONFADA, E. B. Variação temporal de nitrogênio, fósforo e potássio em solo adubado com diferentes fertilizantes. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 20., 2016. p 178–180.
- OPLINGER, E. S.; OELKE, E. A.; KAMINSKI, A. R.; PUTNAM, D. H.; TEYNOR, T. M.; DOLL, J. D.; KELLING, K. A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D.M. Crambe. In: Alternative field crops manual. University of Wisconsin- Extension, Cooperative Extension. 1991.
- PITOL, C. Cultura do crambe. Tecnologia e produção: Milho safrinha e culturas de inverno. Maracaju: Fundação MS, 2008.41p.
- PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. Tecnologia e Produção: Crambe. Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe. Maracaju: Fundação MS.,2010.p. 22-36.
- PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.
- RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).
- ROSCOE, R.; BROCH, D.L.; NERY, W.S.L. Análise de sensibilidade dos modelos agrícola e industrial de utilização do óleo de crambe na cadeia produtiva de biodiesel em Mato Grosso do Sul. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4.; Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1., 2010, João Pessoa. Inclusão social e energia: Anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010.
- SANTOS, J.I.; SILVA, T.R.B.; ROGERIO, F.; SANTOS, R.F.; SECCO, D. Yield response in crambe to potassium fertilizer. *Industrial Crops and Products*, v. 43, p. 297-300, 2013.
- SHAHIN, Y.; VALIOLLAH, R. Effects of row spacing and seeding rates on some agronomical traits of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Central European Agriculture*, v.10, n.1, p.115-122, 2009.
- SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.
- TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S. J. Estimativa da área foliar de Crambe abyssinica por discos foliares e por fotos digitais. *Ciência Rural*, v.40, n.2, p.475-478. 2010.
- VON PINHO, R. G.; GROSS, M. R.; STEOLA, A. G.; MENDES, M. C. Adubação

nitrogenada, densidade espaçamento de híbridos de milho em sistema de plantio direto na região sudeste do Tocantins. *Bragantia*, v.67, n.3, p.733-739, 2008.

WANG, Y. P.;TANG, J.S.; CHU, C. Q.; TIAN, J. A preliminary study on the introduction and cultivation of *Crambe abyssinica* in China, an oil plant for industrial uses. *Industrial Crops and Products*, v. 12, n. 1, p. 47-52, 2000.

## **Capítulo III**

---

### **3. Artigos Produzidos**

## ADUBAÇÃO NITROGENADA E ESPAÇAMENTOS NOS COMPONENTES DE CRESCIMENTO DE CRAMBE NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

**RESUMO:** O crambe (*Crambe abyssinica* H.), espécie promissora na produção de biodiesel, apresenta baixo custo de plantio, elevado teor de óleo e de fácil extração, além de ser alternativa para o sistema de rotação de culturas. Mediante a necessidade de conhecimento para ampliação do cultivo dessa espécie, esta pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e espaçamento entre linhas no cultivo nos componentes de crescimento da cultura em condições semiáridas. O estudo foi conduzido em condições de campo na área experimental pertencente ao Instituto Nacional do Semiárido-INSa, situado no município de Campina Grande-PB. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 2, sendo constituído de quatro doses de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) com dois espaçamentos entre linhas de plantio (0,20 e 0,40 metros) com três repetições totalizando 24 parcelas experimentais. Os parâmetros avaliados foram: altura de planta, diâmetro caulinar taxa de Crescimento Absoluto e taxa de crescimento relativo para altura de plantas e diâmetro. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) empregando-se o Programa de Análise Estatística - SISVAR. A adubação nitrogenada de 120kg ha<sup>-1</sup> sob espaçamento de 0,40 m, entre as linhas de plantio, proporcionou os melhores resultados quanto aos à altura de planta, a taxa de taxa de crescimento absoluta dos 60 aos 75 DAE, no espaçamento de 0,20 m sobressaiu-se ao de 0,40 m, a partir da dose de 90 kg ha<sup>-1</sup>. Os melhores resultados biométricos referentes ao diâmetro caulinar ocorrem sob a dose de 30 kgha<sup>-1</sup>, não havendo interferência dos espaçamentos estudados nestas variáveis.

**Palavras-Chave:** *Crambe abyssinica* H, densidade de plantio, nutrição mineral.

**ABSTRACT:** Crambe (*Crambe abyssinica* H.), a promising species in biodiesel production, presents low planting cost, high oil content and easy extraction, as well as being an alternative to the crop rotation system. The objective of this research was to evaluate the effects of nitrogen fertilization and line spacing on the components of crop growth under semi - arid conditions. The study was conducted under field conditions in the experimental area belonging to the National Semi-Arid Institute-INSa, located in the city of Campina Grande-PB. The experimental design was a randomized complete block design in the 4 x 2 factorial scheme, consisting of four nitrogen doses (30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>) with two spacings between planting lines (0,20 and 0,40 m) with three replications totaling 24 experimental plots. The evaluated parameters were: plant height, shoot diameter absolute growth rate and relative growth rate for plant height and diameter. The data were submitted to analysis of variance (F test) using the Statistical Analysis Program (SISVAR). Nitrogen fertilization of 120kg ha<sup>-1</sup> under 0.40 m spacing between rows provided the best results for plant height, absolute growth rate from 60 to 75 DAE,

at spacing 0,20 m stood out at 0.40 m from the 90 kg ha<sup>-1</sup> dose. The best biometric results regarding the stem diameter occur under the dose of 30 kg ha<sup>-1</sup>, with no interference of the spacings studied in these variables.

KEY-WORDS: *Crambe abyssinica* H., nutrition, arrangement.

## INTRODUÇÃO

No Brasil há uma diversidade de culturas oleaginosas que potencializa a produção e inclusão de diversas matérias primas na cadeia produtiva de biodiesel. Entretanto, a produção do biodiesel enfrenta uma competição com o mercado alimentício, visto que, as culturas mais empregadas em sua produção também são utilizadas na alimentação, tais como girassol, soja, canola, dentre outros (Freitas, 2010). Assim, é importante estudar a implantação de novas culturas oleaginosas como fonte de matéria prima para o biodiesel, como também, a sua inserção em áreas consideradas não, ou pouco, produtivas.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), pertencente à família das Brassicaceae, apresenta-se entre as oleaginosas mais qualificadas para o biodiesel, devido sua alta concentração no teor de óleo (26 a 38%) nas suas sementes, como também, produtividade elevada, tolerância à seca, curto ciclo de cultivo, custos relativamente baixos de produção além da elevada estabilidade à oxidação devido ao ácido erúcico (aproximadamente 55%) presente na composição do grão (Bispo et al., 2010; Pitol et al., 2010; Onorevoli, 2012). Entretanto, a ausência de conhecimento sobre a adaptabilidade da cultura à diferentes condições edafoclimáticas, adubação e espaçamento, estão impossibilitando sua disseminação de forma comercial pelo país.

Para a cultura do crambe, ainda são pouco conhecidas as respostas em relação ao uso de fertilizantes, todavia, sabe-se que esta planta absorve altas quantidades de nitrogênio (N) em decorrência do elevado teor de proteínas presentes nos grãos (Souza et al., 2009). Segundo Chaves e Ledur (2014) a aplicação de adubo nitrogenado no sulco de semeadura de crambe aumentou a produção de biomassa, o rendimento de grãos e o teor de N e K nas suas folhas. Entretanto, os teores de óleo, nitrogênio e proteína no grão não foram significativamente afetados em função da aplicação de nitrogênio na semeadura corroborando Freitas (2010). Esse autor observou que à medida em que se aumentaram as doses de nitrogênio houve decréscimos na massa específica dos grãos de crambe e nos teores de óleo nas suas sementes. A aplicação de nitrogênio influencia positivamente na fisiologia do crescimento e desenvolvimento das plantas de crambe conforme os

resultados de Vechiatto e Fernandes (2011) e Souza e Chaves (2017), entretanto, Freitas (2010) avaliando doses de nitrogênio (0 a 180 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em cobertura no plantio de crambe, não encontrou influência significativa na altura das plantas. Em relação a massa seca de plantas, Vechiatto e Fernandes (2011), observaram que o maior acúmulo de massa seca ocorreu nas plantas que receberam maior quantidade de nitrogênio.

Apesar do nitrogênio ser considerado um elemento essencial atuando na composição de importantes moléculas, tornando-se precursor para a efetivação de alguns processos fisiológicos dos vegetais, como na absorção iônica, fotossíntese, multiplicação e diferenciação celular (Malavolta, 2006), o efeito do mesmo no desenvolvimento e produção de crambe ainda é discutível, variando de acordo com a quantidade, período vegetativo de aplicação do nitrogênio na cultura, condições do solo e com o clima da região. Assim, o suprimento inadequado deste nutriente pode resultar, direta ou indiretamente, numa baixa produtividade além de gastos excessivos para o produtor com a aquisição do fertilizante.

De acordo com Cordeiro et al. (1999), na canola, pertencente à família das Brassicaceae, assim como o crambe, há elevadas exigências de nutrientes, requerendo, de maneira geral, mais nutrientes que grande parte das culturas. Entretanto, estudos apontam que a deficiência nutritiva de nitrogênio reduz bruscamente a produtividade da canola, em contrapartida, o uso excessivo acarreta no prolongamento da fase vegetativa, podendo, desta forma, aumentar a susceptibilidade a patógenos, como também, promover a queima de folhas e a diminuição no teor de óleo presente na siliquas. Neste sentido, Bredemeier et al. (2013), salientam que as necessidades reais da cultura nem sempre são supridas adequadamente, havendo, em muitas situações, o uso excessivo ou ineficiente na aplicação de doses de nitrogênio, assim, visando o aperfeiçoamento da aplicação da adubação nitrogenada, é importante a utilização de ferramentas que estimem as potencialidades produtivas da lavoura, como as empregadas nesta pesquisa.

Além do fator nutricional, o arranjo espacial com espaçamento adequado entre as linhas de semeadura é uma prática cultural importante no incremento duma produtividade satisfatória (Von Pinho et al., 2008), pois o estande afeta a arquitetura das plantas, altera o crescimento e o desenvolvimento, e influencia na produção e partição de fotoassimilados (Sangoi e Almeida, 1996). Desta forma, a alteração no espaçamento entre plantas interfere no espaço ocupado pelo vegetal no solo, como também, na parte aérea podendo resultar em um estresse devido a competição entre plantas. Assim, para que a cultura expresse seu máximo potencial no desenvolvimento e conseqüentemente em

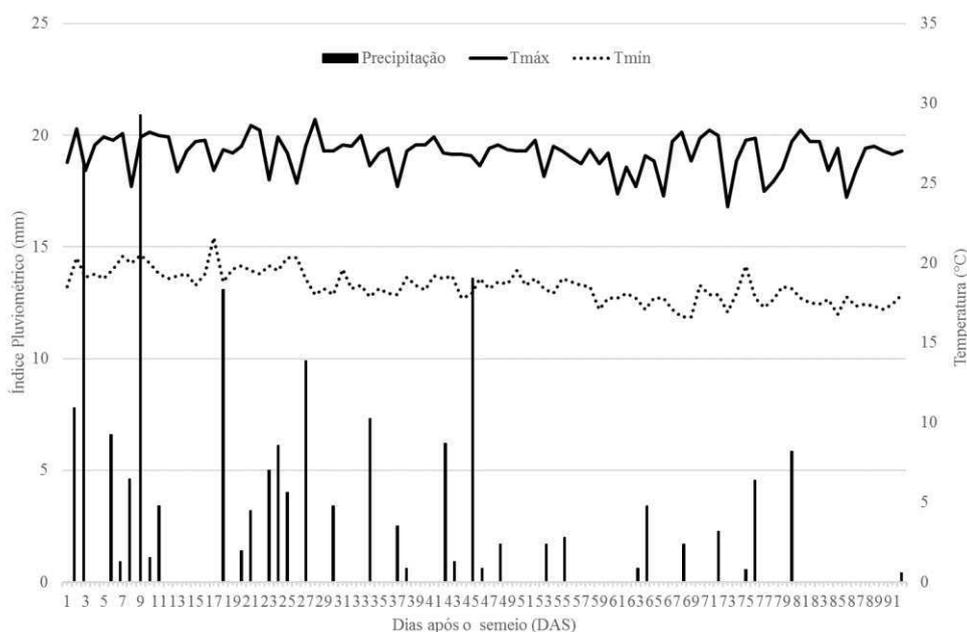
índices produtivos satisfatórios, faz-se necessário a inexistência de estresses por competição e a máxima interceptação de radiação fotossintética ativa (Kruger et al., 2011). Segundo Freitas (2010) a maior produtividade da cultura do crambe se obteve no espaçamento de 34 e 51 cm; a densidade de plantas não interferiu na produtividade da cultura do crambe e recomendou o espaçamento de 0,34 m entre linhas e população entre 20 e 40 plantas/m<sup>2</sup>.

Neste sentido, o estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da adubação nitrogenada fracionada ao longo do cultivo e os diferentes espaçamentos entre linhas no desenvolvimento dos parâmetros biométricos da cultura do crambe.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de março a julho de 2018, na Fazenda Experimental do Instituto Nacional do Semiárido-INSA, localizada na Zona Sudoeste do Município de Campina Grande-PB (07°16'38"S; 35°58'05"W e 550 m de altitude).

O clima da região é BSh, de acordo com Köppen, definido como semiárido quente com temperatura média de 22,9°C. Durante o período experimental, as temperaturas mínima e máxima, foram de 16,6°C e 28,6°C, respectivamente; o índice pluviométrico médio foi de 49,78 mm, sendo que no início do ciclo da cultura, compreendido pelos 15 dias após a semeadura (DAS), foi o período mais chuvoso, chegando a 91 mm; em contrapartida, no final do ciclo, no período de maturação, fase que antecede a colheita, foi observado uma precipitação de 0,6 mm. Os valores diários desses parâmetros durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Características do clima no período de abril a julho de 2018. (Fonte de dados Estação Meteorológica do INSA).

Amostras de solo coletadas na camada superficial (0 – 0,20 m de profundidade) da área experimental foram secas ao ar, passadas em peneira de 2,0 mm de abertura de malha e analisadas físico-quimicamente de acordo com a metodologia proposta pela

EMBRAPA (2017), tendo como atributos físicos: 661; 185; e 154 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente (amostra franco argilosa), e atributos químicos: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,3; matéria orgânica = 18,1 g dm<sup>-3</sup>; P= 6,0 mg dm<sup>-3</sup>; K= 0,32 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca= 1,95 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 1,34 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Na= 0,11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H = 2,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al= 0,20 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 2, sendo constituído de quatro doses de nitrogênio (30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>) e dois espaçamentos entre linhas de plantio (0,20 e 0,40 metros) com três repetições, totalizando vinte quatro parcelas. O experimento foi distribuído numa área retangular de 12 m de largura e 26 m de comprimento, totalizando em 312 m<sup>2</sup>. As parcelas, com 2m<sup>2</sup> de área (2m x 1m), foram formadas por 10 e 5 linhas, espaçadas com 0,2 m e 0,4 m, respectivamente, com dez plantas por metro linear, sendo avaliadas 5 plantas nas oito e três linhas centrais, consideradas úteis, respectivamente.

As doses de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, foram fracionadas em três vezes aplicando, em cobertura, aos 15, 30 e 45 DAS, 9,52 g, 19,04 g, 28,56 g e 38,08 g por parcela correspondendo a 30; 60; 90; 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

As adubações de fundação para o fósforo e potássio, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, foram aplicados 66,7 e 20,7 gramas por parcela, correspondentes a 60 kg ha<sup>-1</sup> de cada adubo.

O crambe, cultivar FMS Brilhante, fornecido pela Fundação Mato Grosso do Sul-FMS, foi semeado em 23 de abril de 2018, usando, em média, 12 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, alternando entre os espaçamentos de 0,20 m e 0,40 m. A emergência finalizou aos 7 DAS e o desbaste ocorreu aos 10 DAS, resultando em um total de 10 plantas por metro linear.

Aos 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE), as características biométricas foram avaliadas em cinco plantas por parcela com o auxílio de régua milimetrada e paquímetro digital, respectivamente: altura de planta e diâmetro de colmo. Estas datas correspondem às fases de crescimento vegetativo, florescimento, gramação e maturação, respectivamente. Segundo Benicasa (2003), a taxa de crescimento absoluto em relação à altura e diâmetro do caule em função do tempo foi calculada de acordo com as seguintes fórmulas:

$$TCAAp = \frac{(Ap2 - Ap1)}{(T2 - T1)}$$

$$TCADc = \frac{(Dc2 - Dc1)}{(T2 - T1)}$$

Onde,

TCAAp e TCADc = taxa de crescimento absoluto da altura de planta e do diâmetro caulinar, respectivamente;

Ap = altura de plantas em dois tempos;

Dc = diâmetro caulinar em dois tempos;

T=tempo de cada período estudado

Os dados foram submetidos à análise de variância, na qual as doses de nitrogênio (fator quantitativo) foram comparadas por análise de regressão. Os diferentes espaçamentos foram comparados por meio de um teste-t no nível de probabilidade de 0,05, utilizando o software estatístico SISVAR versão 5.2 (FERREIRA, 2011).

## RESULTADO E DISCUSSÕES

Todas as variáveis analisadas, exceto a altura das plantas aos 30 DAE (Ap<sub>30</sub>), foram influenciadas significativamente pelas doses de nitrogênio. Segundo Mauad et al. (2013) o crambe apresenta uma elevada demanda por N, tanto na parte aérea quanto na produção de grãos, sendo assim, o nutriente mais extraído do solo e exportado pela cultura. O espaçamento entre as linhas influenciou apenas na altura das plantas aos 45, 60 e 75 DAE (Ap<sub>45</sub>; Ap<sub>60</sub>; Ap<sub>75</sub>). No entanto, a interação entre nitrogênio e espaçamento influenciou, de forma significativa, somente na TCAAp 60-75 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo do Teste F para altura de planta (Ap) aos 30, 45, 60 e 70 DAE e a taxa de crescimento absoluto (TCAAp) para altura de plantas (TCAAp) nos períodos de 30 a 45; 45 a 60 e 60 a 75 DAE, da cultura do crambe utilizando diferentes doses de nitrogênio (N) e espaçamentos (E) em condições de campo.

Fontes de Variação	Teste F						
	Ap 30	Ap 45	Ap 60	Ap 75	TCAAp 30-45	TCAAp 45-60	TCAAp 60-75
N	ns	**	*	**	**	*	**
Eq.Linear	ns	*	ns	**	**	**	**
Eq.Quadrática	ns	**	**	*	**	**	ns
E	ns	*	**	**	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N x E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Eq.Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Eq.Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	155,88	194,36	168,83	186,28	1,07	0,16	0,63
CV (%)	36,86	18,24	15,84	13,23	19,81	69,37	34,07

\*, \*\*significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação .

O comportamento da altura de plantas em função das doses de nitrogênio (30, 60, 90, 120 kg ha<sup>-1</sup>), aos 45, 60 e 75 DAE, foi polinomial (Figura 2A), mostrando, conforme as equações, que aos 45 e 60 DAE, o aumento nas doses de N até 120 kg ha<sup>-1</sup> não implicou no aumento na altura de plantas, sendo, portanto, as alturas máximas de 86,6 e 89,3 m, respectivamente, na menor dose aplicada, ou seja, 30 kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, a altura de

plantas aos 75 DAS apresentou comportamento crescente com o aumento da dose de N, atingindo uma altura máxima de 115,3 m na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Corroborando Viana (2013) que trabalhando com crambe submetido a doses de fertilizantes (0, 10, 20, 30 kg ha<sup>-1</sup> de N), afirmou que o crescimento das plantas em seu período inicial não é notório, sendo lento e estável, acentuando apenas cerca de 45 a 70 DAS, período durante o qual a planta procura alcançar a sua estabilidade para a floração, e assim atingir o seu crescimento máximo no final deste período. Para Mello et al. (1993), a fertilidade do solo consiste em aplicações nutritivas balanceadas e em quantidades satisfatórias. Desta forma, torna-se notório que além da quantidade deve-se haver um parcelamento adequado para que haja suprimento nutricional para a cultura em todo o seu desenvolvimento.

Ledur et al. (2016), ao avaliar a adubação nitrogenada (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e seus efeitos no desenvolvimento da cultura do crambe, constatou que a aplicação deste macronutriente não interfere na altura de plantas da cultura. Contudo, as altas doses propiciaram o aumento no número de siliquas, resultando, desta forma numa elevação da produtividade quando ofertado altas doses de N. O autor, por sua vez, parcelou a aplicação do nutriente em duas etapas, sendo a primeira posta antes do plantio e a outra metade restante aos 30 DAE. Freitas (2010) ao estudar a aplicação de N sob as doses de 0, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> aplicado em sua totalidade aos 15 DAE averiguou não haver resultados significativos na variável altura de plantas em função das doses de N. Em contrapartida, Viana et al. (2012), ao trabalhar com doses de nitrogênio correspondentes à 0, 10, 20 e 30 kg ha<sup>-1</sup>, efetuando análises semanais, constatou haver aumento na altura de plantas na dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> na décima primeira semana após o plantio. Assim, pode-se supor que a adubação nitrogenada interfere positivamente na altura de plantas quando aplicada em suas últimas fases, no caso desta pesquisa corresponde aos 75 DAE.

As plantas submetidas ao maior espaçamento entre linhas de plantio, 0,40 m, aos 45, 60 e 75 DAE, atingiram maiores alturas em relação aquelas submetidas ao menor espaçamento 0,20m (Figura 2B) sendo que, aos 75 DAE, houve uma diferença em torno de 14,80% das alturas das plantas entre os dois espaçamentos corroborando Tomm (2007). Este autor recomendou espaçamento de até 0,45 m e densidade de no mínimo 40 plantas/m<sup>2</sup> para a cultura da canola, pertencente à mesma família do crambe, as Brassicaceae. De acordo com Kruger et al. (2011), a estruturação do arranjo espacial de plantas de canola por meio de densidades e espaçamentos adequados, pode favorecer o desenvolvimento e, conseqüentemente, os maiores rendimentos na produção.

O arranjo adequado entre plantas favorece a menor competitividade resultando em um maior suprimento nutricional, como também, numa maior interceptação da luz, e, desta maneira, em um melhor índice produtivo. Para Bandeira (2013) na canola, a produtividade satisfatória está correlata com o incremento da altura de planta, área foliar e por outras propriedades morfológicas. Assim, segundo Canola Council of Canada citada por Chavarri et al. (2011), quanto maior a área foliar exposta ao sol, mais matéria seca da cultura pode ser produzida por dia, e, desta forma, maior será a taxa de crescimento da cultura.

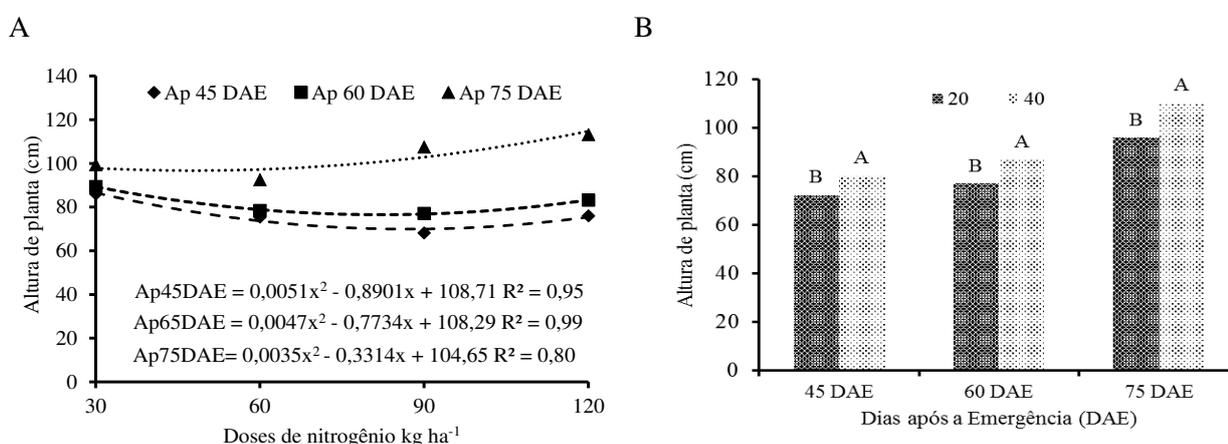
As doses crescentes de N influenciaram de forma significativa a taxa de crescimento absoluta para a altura de plantas nos períodos de 30 a 45, 45 a 60 e 60 a 75 DAE apresentando comportamento quadrático nos dois primeiros períodos analisados e linear no período de 60 a 75 DAE conforme o acréscimo nas doses de N (Figura 2C). A  $TCAAp_{(30-45)}$  apresentou melhor resultado na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (3,77cm.dia<sup>-1</sup>), havendo um decréscimo de 30,5% quando comparado com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Entretanto, a  $TCAAp_{(45-60)}$  e a  $TCAAp_{(60-75)}$  variaram a uma taxa de crescimento (cm.dia<sup>-1</sup>) de 165,6% e 238,9%, respectivamente, quando comparado os valores da menor dosagem de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) com o de maior dose (120 kg ha<sup>-1</sup>). Para Lima et al. (2007), a análise de crescimento é, ainda, o meio mais preciso e acessível para avaliar crescimento e, desta forma, inferir a contribuição dos diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento de uma cultura. Assim, taxas de crescimento, como a  $TCAAp$ , podem evidenciar o efeito da adubação nitrogenada sobre o comportamento vegetal do crambe.

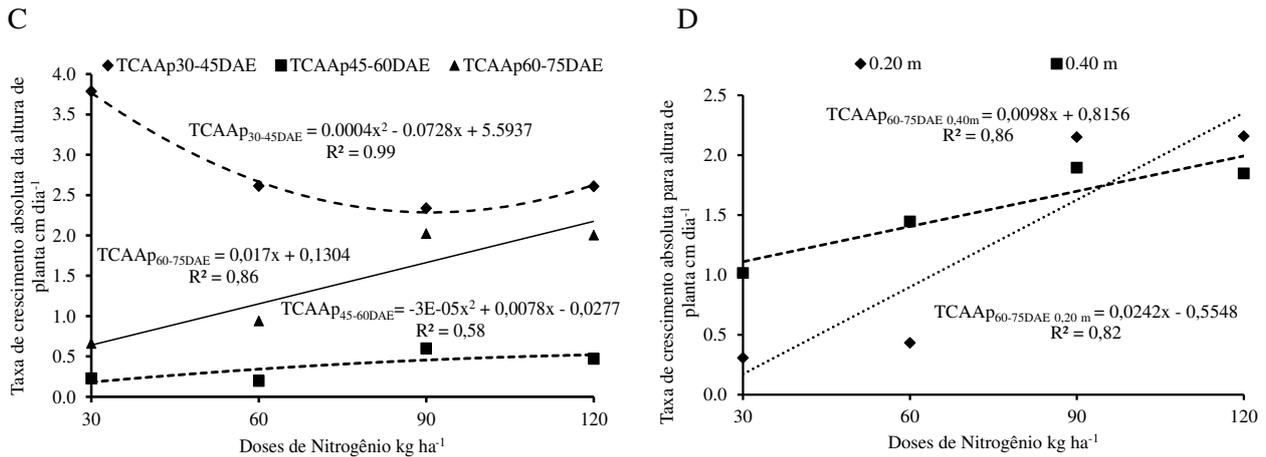
Nota-se que, nesta pesquisa, a taxa de crescimento absoluto foi significativa às adições de nitrogênio, aumentando, gradativamente, conforme o desenvolvimento vegetativo do crambe. De acordo com Viana et al. (2012), não há interação entre doses de fertilizantes e o período de crescimento da cultura do crambe entre o período da 1<sup>o</sup> à 3<sup>a</sup> semana após a emergência, no entanto, a partir da 4<sup>a</sup> semana doses contendo 10, 20 e 30 kg ha<sup>-1</sup> diferem-se do tratamento contendo a dose nula de N e, no entanto, a partir da 8<sup>a</sup> semana até o estágio de pleno florescimento da cultura apenas as doses de 20 e 30 kg ha<sup>-1</sup> diferiram. Desta forma, conforme Feigenbaum et al. (1987), a aplicação de fertilizantes infere de forma direta na produção e qualidade das plantas. Assim, a quantidade aplicada, como também, o período de aplicação, são relevantes para um uso eficiente do adubo, de forma que maximize seu aproveitamento pela cultura, assim como, minimize suas perdas, implicando em um uso mais consciente, retraindo,

consequentemente, gastos excessivos com adubos pelo produtor. Logo, a aplicação periódica dos fertilizantes consiste em suprir a demanda nutricional pelas plantas de forma que reponha as reservas do solo e garanta o crescimento vegetativo.

Entretanto, a  $TCAAp_{(60-75)}$ , foi influenciada pela interação entre nitrogênio e espaçamento, se comportou de forma linear aumentando em função das doses de N (Figura 2D). Em relação ao espaçamento, pode ser observado que as taxas de crescimento das plantas cultivadas no espaçamento 0,20 m foram menores daquelas observadas das plantas cultivadas com 0,40 m de espaçamento até em torno de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N. Todavia, a partir desta dose, a  $TCAAp_{(60-75)}$  no espaçamento de 0,20 m mostrou superioridade no crescimento, atingindo, na maior dose de N, um aumento de 17,9% em relação ao maior espaçamento.

Assim, os resultados obtidos nesta pesquisa indicam uma alta taxa de crescimento quando são aplicadas doses elevadas de N, principalmente no período correspondente às fases de floração e formação de grãos, de 60 a 75 DAS corroborando Sampaio et al. (2016). Esses autores afirmaram que o crambe tem um alto potencial de resposta à adubação nitrogenada, especialmente quando se utilizam altas doses. Segundo Vechiatto e Fernandes (2011), trabalhando com doses de 0; 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, observaram influência positiva na altura e desenvolvimento das plantas de crambe. Plantas de crambe submetidas à falta de N na solução nutritiva foram capazes de produzir apenas 5,18% de biomassa em relação ao controle (solução nutritiva completa de Hoagland) (Colodetti et al., 2013) corroborando Colodetti et al. (2012), que mostrou uma diminuição linear na produção de matéria seca das plantas de crambe com a redução das doses de N aplicadas ao solo. Assim, as deficiências de N resultam em altas limitações no crescimento e desenvolvimento dessa cultura.



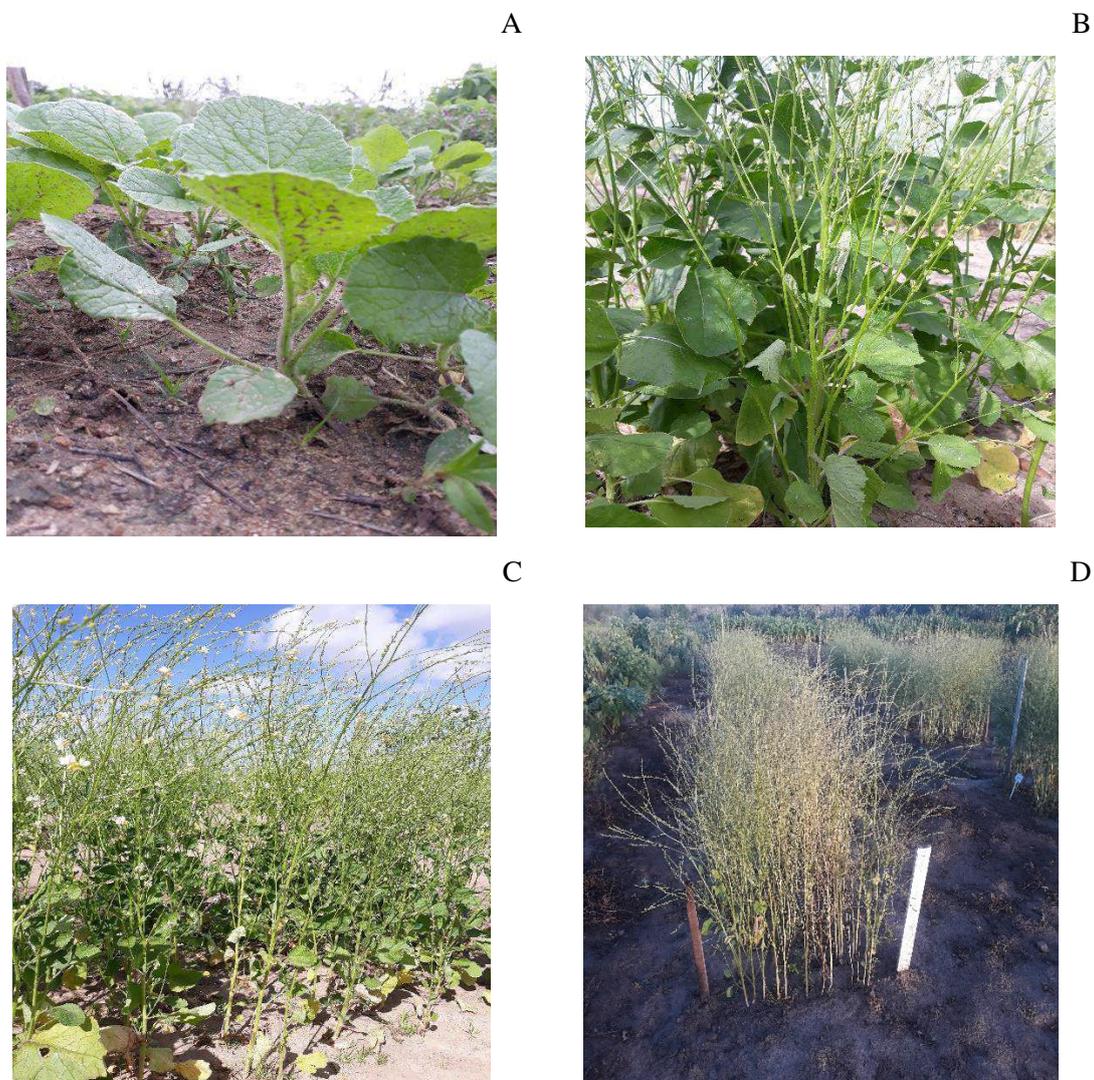


**Figura 2.** Altura de planta em função de diferentes doses de nitrogênio (A) e de diferentes espaçamentos (B); Taxa de Crescimento Absoluto de altura de plantas em diferentes doses de nitrogênio (C); da cultura do Crambe utilizando diferentes doses de nitrogênio e espaçamentos em condições de campo.

A aplicação de nitrogênio influenciou significativamente o diâmetro caulinar das plantas de crambe aos 45, 60 e 75 DAE (DC<sub>45</sub>, DC<sub>60</sub>, DC<sub>75</sub>) e a taxa de crescimento absoluto de 60 a 75 DAE (TCADC<sub>(60-75)</sub>). No entanto, os diferentes espaçamentos entre linhas desta cultura (0,20m e 0,40m) e a interação entre os fatores nitrogênio e espaçamento não influenciaram significativamente o diâmetro caulinar (Tabela 2). Segundo Mauad et al. (2013), o acúmulo máximo do macronutriente, N, na parte aérea das plantas de crambe, ramos e caules, ocorre apenas aos 75 DAE, havendo, assim, um ganho mais tardio de matéria nessas estruturas. Isto atesta, desta forma, a significância nas análises em função do N nos períodos finais no ciclo da cultura.

Na canola, a maior concentração de N nos caules ocorre no final do florescimento, diferentemente do período do início do florescimento, em que, a maior incidência de N está concentrada nas folhas (Rossato et al., 2001). Fato semelhante pôde ser observado por Hocking et al. (1997), que ao estudar os efeitos quanto aplicação de N fracionada e a sua mobilização na canola de sequeiro, notou que os máximos teores de matéria seca e acúmulo de N nas folhas ocorreram no período correspondente ao início da floração, enquanto que, para o caule o ápice acumulativo de N e ganho de matéria seca ocorre no final da floração. Em que, os autores constataram que cerca de 60 à 65% do N presentes nas sementes foram mobilizados, após a floração, a partir do caule e folhas. Sabe-se que esse estágio da cultura é marcado pela abscisão foliar, então, assim como a canola, pode-

se supor que na cultura do crambe haja um elevado índice de mobilização do macronutriente nitrogênio, percorrendo das folhas para o caule e deste último para a formação de sementes, ressaltando a relevante aplicação da adubação nitrogenada nesta cultura.



**Imagem:** Registros fotográfico da cultura do Crambe aos 30 (A), 45 (B), 60 (C) e 75 (D) dias após a emergência (DAE).

**Tabela 2.** Resumo do Teste F para diâmetro caulinar (DC) aos 30, 45, 60 e 70 DAE e a taxa de crescimento absoluto (TCA) para diâmetro caulinar (TCADC) nos períodos de 30 a 45; 45 a 60 e 60 a 75 DAE, da cultura do crambe utilizando diferentes doses de nitrogênio (N) e espaçamentos (E) em condições de campo.

---

Teste F

---

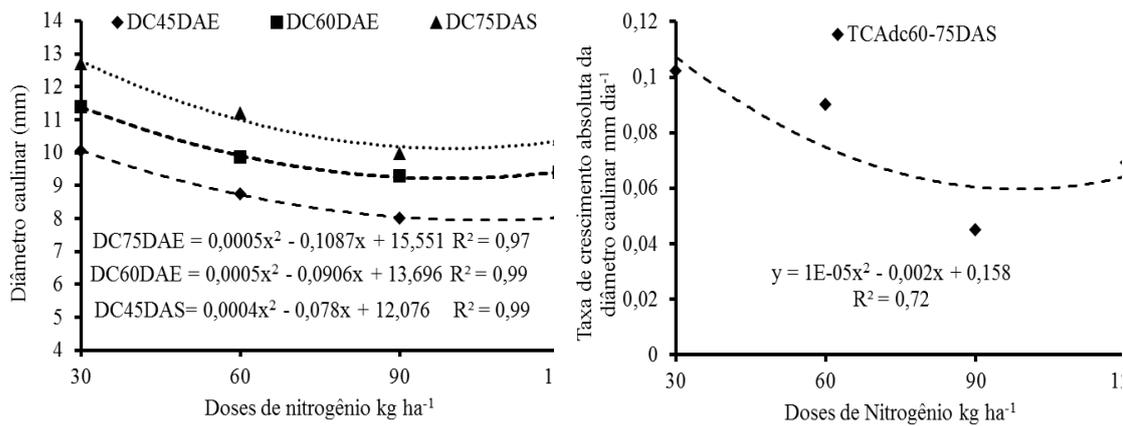
Fontes de Variação	DC 30	DC 45	DC 60	DC 75	TCADC 30-45	TCADC 45-60	TCADC 60-75
N	ns	*	*	**	ns	ns	*
Eq.Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Eq.Quadrática	ns	**	**	**	ns	ns	*
E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N x E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Eq.Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Eq.Quadrática	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
Erro	5,73	6,342	5,32	5,50	0,005	0,014	0,011
CV(%)	31,66	28,90	23,10	21,18	93,10	46,96	43,10

\*, \*\*significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente; ns não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação .

O incremento nas variáveis diâmetro caulinar aos 45, 60 e 75 DAE (DC<sub>45</sub>, DC<sub>60</sub>, DC<sub>75</sub>) e a taxa de crescimento absoluto do diâmetro no período dos 60 aos 75 DAE (TCADC<sub>(60-75)</sub>) foi inversamente proporcional ao aumento da quantidade de nitrogênio aplicada, de forma polinomial. Tais variáveis expressaram os melhores resultados na menor dose de N aplicada (30 kg ha<sup>-1</sup>) correspondendo a 10,10; 11,42 e 12,74 mm do diâmetro caulinar aos 45, 60 e 75 DAE e uma taxa de 0,11 mm/dia no período dos 60 aos 75 DAE (Figura 3A e 3B). Desta forma, houve uma diminuição no diâmetro caulinar, comparando a menor dose com a maior de N, em torno de 16,04%, 12,28% e 23,81% nos DC<sub>45</sub>, DC<sub>60</sub> e DC<sub>75</sub>, respectivamente (Figura 3A), enquanto, na variável TCADC<sub>(60-75)</sub>, houve um decréscimo de 42,06% (Figura 3B). Esses resultados divergem com os obtidos por Pereira et al. (2015), que apresentaram um crescimento no diâmetro caulinar com o acréscimo nas doses de N; todavia, o valor máximo do diâmetro caulinar encontrado na dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N por esses autores (10,63 mm) aos 90 DAE foi, por sua vez, menor que os valores encontrados nesta pesquisa na dose mínima de 30 kg ha<sup>-1</sup> aos 60 e 75 DAE.

A

B



**Figura 3.** Diâmetro caulinar de planta em função de diferentes doses de nitrogênio (A); Taxa de Crescimento Absoluto do diâmetro caulinar de plantas em diferentes doses de nitrogênio (B); da cultura do Crambe, utilizando diferentes doses de nitrogênio e espaçamentos em condições de campo.

Fato semelhante foi observado por Souza et al. (2017), que ao submeter o crambe as mesmas doses aplicadas nesse experimento, resultaram em valores médios entre 9,88 e 10,93 mm do diâmetro caulinar, demonstrando, assim, seu ápice na dose de 90 kg ha<sup>-1</sup>. Assim, nas condições desta pesquisa, a alta dose de N não inferiu no crescimento caulinar do crambe, sendo que, as variáveis analisadas apresentaram decréscimo no crescimento conforme o aumento na aplicação de N. Estes resultados, por sua vez, diferem dos encontrados por Souza et al. (2017), que ao submeter o crambe nas mesmas doses aplicadas neste experimento resultaram em um incremento no crescimento do diâmetro caulinar conforme o aumento da quantidade de N aplicada.

## CONCLUSÃO

Nas condições em que esse experimento foi conduzido, a adubação nitrogenada de 120 kg ha<sup>-1</sup>, sob espaçamento de 0,40 m entre as linhas de plantio, proporcionou os melhores resultados referentes à altura de plantas.

A taxa de crescimento absoluta dos 60 aos 75 DAE, no espaçamento de 0,20 m sobressaiu-se ao de 0,40 m, a partir da dose de 90 kg ha<sup>-1</sup>.

Os melhores resultados biométricos referentes ao diâmetro caulinar ocorreram sob a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup>, não havendo, por sua vez, interferência dos espaçamentos estudados nestas variáveis.

## LITERATURA CITADA

- BANDEIRA, T. P. Ecofisiologia da canola Hyola 61 sob variações no arranjo de plantas. 2013. Dissertação (Mestrado) Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo.
- BENICASA, M.M.P. 2003. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal, SP, FUNEP, 41 p.
- BISPO, A. S.; DELFINO, L. D.; COSTA, B. J.; SUCHEK. Caracterização de óleos vegetais extraídos mecanicamente sob condições variadas, visando a produção de biodiesel. In: 4º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Belo Horizonte, MG. 2010.
- BREDEMEIER, C; VARIANI, C; ALMEIDA, D; ROSA, A.T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. *Ciência Rural*, v.43, n.7, p.1147-1154, 2013.
- CHAVARRIA, G.; TOMM, G.O.; MULLER, A.; MENDONÇA, H.F.; MELLO, N.; BETTO, M.S. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. *Ciência Rural*, v. 41, n. 12, p. 2084–2089, 2011.
- CHAVES, L. H. G.; LEDUR, E. O. Effect of nitrogen and phosphorus in the development of crambe culture. American Society of Agricultural and Biological Engineers. *Transactions JCR*, v. 1, p. 1-10, 2014.
- CORDEIRO, L.A.M.; REIS, M.S.; ALVARENGA, E. M. A cultura da canola. Viçosa: UFV, 1999. 50 p. (Cadernos didáticos, 60).
- COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; AMARAL, J. F. T.; TOMAZ, M. A. Eficiência nutricional de plantas de Crambe. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2012, São José dos Campos. Anais. São José dos Campos: UNIVAP, 2012. p. 1-6
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; CHRISTO, L. F.; MARTINS, L.; TOMAZ, M. A. Perda de biomassa causada pela deficiência de macronutrientes em *Crambe abyssinica*. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n.17, p. 2027-2038. 2013.
- EMBRAPA. 2011. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.
- FEIGENBAUM, S.; BIELORAI, H.; ERNER, Y.; DASBERG, S. The fate of <sup>15</sup>N labeled nitrogen applied to mature citrus trees. *Plant and Soil*, n.97, p.179-187, 1987.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computerstatisticalanalysis system. *Ciência e*

- Agrotecnologia, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FREITAS, M. E. Desempenho agronômico do crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) em função da adubação e da densidade de semeadura. 43f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Produção Vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2010.
- HOCKING, P. J.; RANDALL, P. J.; DEMARCO, D. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: Partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. *Field Crops Research*, v. 54, n. 2-3, p. 201-220, 1997.
- KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G. da; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. *Revista Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 1448-1453, 2011.
- LEDUR, E. O.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J.D. Nitrogen and phosphorus on crambe development after off-season corn cultivation. *Científica*, v.44, n.2, p.263-270, 2016.
- LIMA, J. F. DE; PEIXOTO, C. F.; LEDO, C. A. DA S. Índices Fisiológicos e Crescimento Inicial de Mamoeiro (*Carica Papaya* L.) em Casa de Vegetação. *Ciência agrotecnica*, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo (BR): Ceres, 2006. 638 p.
- MAUAD, M.; GARCIA, R. R. A.; VITORINO, A. C. T.; SILVA, R. M. M. F.; GARBIATE, M. V.; COELHO, L. C. F. Matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de Crambe. *Ciência Rural*, v. 43, n.5, p. 771-778, 2013
- MELLO, F. A. F.; BRASIL, M. O. C. S.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA, A. N. KIEHL, J.C. Fertilidade do solo. São Paulo: Nobel, 1983. 400p
- ONOREVOLI, B. Estudo do crambe abyssinica como fonte de matérias primas oleaginosas: óleo vegetal, ésteres metílicos e bio-óleo. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS. 2012.
- PEREIRA, J.C.A.; SILVA, S.S.; CHAVES, L.H.G.; NEGREIROS, E.D. Resposta do crambe à fertilização mineral submetido a diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio. In: CONGRESSO TECNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E

- DA AGRONOMIA, 2015, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza, CE, p.1-5, 2015.
- PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. Tecnologia e produção: crambe 2010. Maracaju: Fundação MS, 2010.
- ROSSATO, L.; LAINÉ, P; OURRY, A. Nitrogen Storage and Remobilization in Brassica napus L. During de Growth Cicle: Nitrogen Fluxes Within the Plant and Changes and Soluble Proteins Patterns. Journal fo Experimental Botany, v. 52, n. 361, pp. 1655-1663, Université de Caen, France, 2001.
- SAMPAIO, M. L.; BARZAN, R. R.; FREGONEZI, G.A.F. Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do crambe em casa de vegetação. Revista de Agricultura, v. 91, n. 2, p. 165–173, 2016.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v. 2, n. 2, p. 179-183, 1996.
- SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe. Pesquisa agropecuária brasileira, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.
- SOUZA, R. S. DE; CHAVES, L. H. G. Crescimento e produção do crambe submetido a doses de nitrogênio e fósforo. Revista Espacios, v. 38, n.8, p.24-39, 2017.
- TOMM, G.O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p..
- VECHIATTO, C.; FERNANDES, F. Aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do crambe. Cultivando o Saber, , p. 18–24, 2011.
- VIANA, O. H. Cultivo de crambe na região oeste do paraná. UNIOESTE. Dissertação de Mestrado. Cascavel, PR. p. 60, 2013.
- VIANA, O. H. et al. Efeito de diferentes doses de adubação de base no desenvolvimento e produtividade de grãos e óleo na cultura de crambe. Acta Iguazu, v. 1, p. 33–41, 2012.
- VON PINHO, R. G., GROSS, M. R., STEOLA, A. G., MENDES, M. C. Adubação nitrogenada, densidade espaçamento de híbridos de milho em sistema de plantio direto na região sudeste do Tocantins. Bragantia,, v.67, n.3, p.733-739, 2008.

## ADUBAÇÃO NITROGENADA E ESPAÇAMENTOS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE CRAMBE NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

**RESUMO:** O crambe (*Crambe abyssinica* H.), espécie promissora na produção de biodiesel, apresenta baixo custo de plantio, elevado teor de óleo e de fácil extração, além de ser alternativa para o sistema de rotação de culturas. Mediante a necessidade de conhecimento para ampliação do cultivo dessa espécie, teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e espaçamento entre linhas no cultivo nos componentes de produção e na produtividade da cultura do crambe em condições semiáridas. O estudo foi conduzido em condições de campo na área experimental pertencente ao Instituto Nacional do Semiárido-INSA, situado no município de Campina Grande-PB. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 2, sendo constituído de quatro doses de nitrogênio (30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>) com dois espaçamentos entre linhas de plantio (0,20 e 0,40 metros) com três repetições totalizando 24 parcelas experimentais. Os parâmetros avaliados foram: número de síliquas por planta, massa seca da parte aérea, número de ramificações (primárias e secundárias), comprimento de haste primária, número de síliquas por haste, massa de 1000 grãos e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) empregando-se o Programa de Análise Estatística - SISVAR. A adubação nitrogenada sob espaçamento de 0,40 m, entre as linhas de plantio, proporcionou os melhores resultados quanto aos componentes de produção e a maior produtividade foi obtida no espaçamento referente à 0,20 m com a adubação nitrogenada de 120 kg ha<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Crambe abyssinica* H, densidade de plantio, nutrição mineral.

**ABSTRACT:** Crambe (*Crambe abyssinica* H.) is a promising species in biodiesel production. It has a low planting cost, high oil content and easy extraction, as well as being an alternative to the crop rotation system. The crambe, because it is a little known species in the Northeastern Semi-arid, needs studies that enable its cultivation in this region. Due to the need for knowledge to increase the cultivation of this species the present work has the objective of evaluating the influence of nitrogen fertilizer doses and different spacings in the development of this species. The study was conducted under field conditions in the experimental area belonging to the National Institute of the Semi-Arid-INSA, located in the Municipality of Campina Grande-PB. The experimental design was a randomized complete block design in the 4 x 2 factorial scheme, consisting of four nitrogen doses (30, 60, 90, 120 kg ha<sup>-1</sup>), with three replicates and two distinct spacings (0.20 and 0,40 meters); totaling 24 experimental plots. With doses of N divided in three applications, at 15, 30 and 45 DAS. The evaluated parameters were: number of silicas per plant, dry plant biomass, number of branches and mass of 1000 grains. The data were submitted to analysis of variance (F test) using the Statistical Analysis Program (SISVAR). Fertilizer N interfered in the productivity of the crambe crop, as well as in all analyzed variables, being closely related to spacing.

**KEY-WORDS:** *Crambe abyssinica* H., nutrition, arrangement.

## INTRODUÇÃO

O progresso procedente do biodiesel é relevante principalmente quando empregado em regiões em que o desenvolvimento agrário é deficiente, como a região semiárida do Nordeste brasileiro. Nesta região, há recorrentes períodos de seca, pouca diversificação de cultivos adaptáveis com as condições edafoclimáticas e ausência de sistemas produtivos compatíveis com os já adotados pelos agricultores dessa região (LIMA, 2007). Desta forma, para fixar uma cultura na matriz energética nacional, são necessários estudos sobre os seus aspectos agronômicos e tecnológicos, como produtividade, teor de óleo, nutrição vegetal, manejo da cultura, de forma que satisfaça as necessidades do produtor e as exigências do mercado (SQUIZATO, 2008).

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), originária do Mediterrâneo da família das Brassicaceae, surge como alternativa para a produção de matéria-prima destinada ao biodiesel, pois, tal cultura, apresenta grande tolerância à seca, curto ciclo de cultivo e custos de produção relativamente baixos (ONOREVOLI, 2012). Além disto, apresenta elevada estabilidade à oxidação conferindo vantagens como maior resistência à degradação, resultando, conseqüentemente, em benefícios quanto ao tempo de armazenamento; biodiesel provindo de outros óleos vegetais, em sua maioria, apresentam instabilidade quanto a oxidação (BISPO et al., 2010). O crambe, por sua vez, expõem uma precocidade elevada, com florescimento a partir dos 35 dias após a semeadura (DAS) sendo colhida ao final do ciclo, entre 85-90 DAS, dependendo da sua maturação. O teor de óleo no grão varia entre 26% a 38% contendo 55% de ácido erúcido, tornando o óleo tóxico para alimentação animal, tido como uma vantagem porque este óleo não concorre com óleos destinados ao setor alimentício (PITOL et al., 2010).

Contudo, sabe-se que, a cultura do crambe, necessita elevadas quantidades de nitrogênio, tendo em vista o alto teor proteico nos grãos (SOUZA et al., 2009). Da mesma forma, o nitrogênio (N) está presente na constituição de vários componentes da célula vegetal, dentre os quais, ácidos nucleicos e aminoácido, como também, na composição da molécula de clorofila e no auxílio nas reações de síntese proteica. Esta, quando em condições de insuficiência afeta negativamente o processo de divisão celular (TAIZ; ZEIGER, 2004). Nas oleaginosas, o N, atua no metabolismo da síntese de compostos de reservas das sementes, afetando a produção do óleo, como também, o teor de proteínas contido nos grãos (CASTRO et al., 1999).

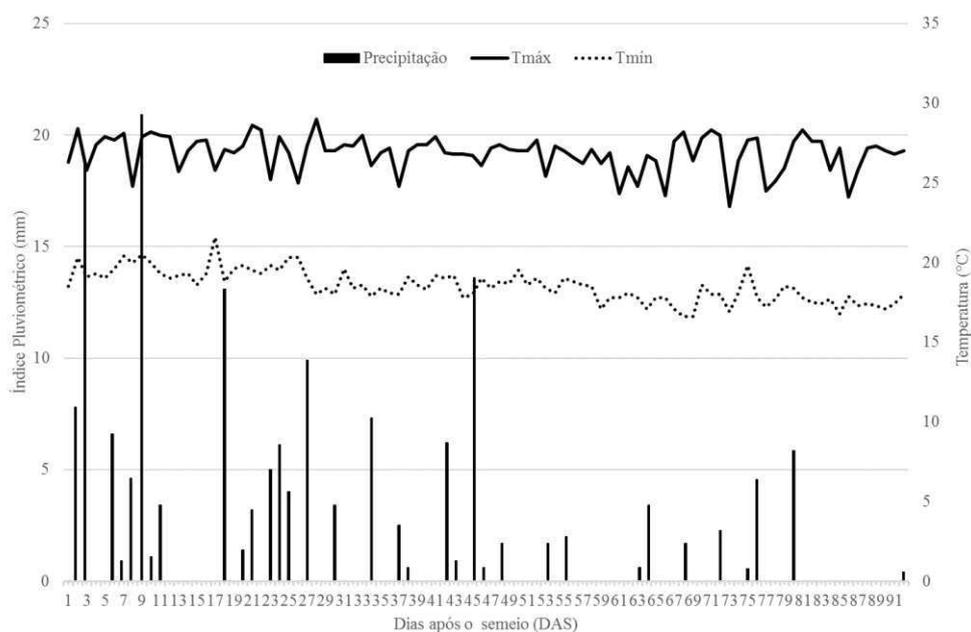
Além do fator nutricional, o arranjo espacial com espaçamento adequado entre as linhas de semeadura é uma prática cultural importante no incremento da produtividade satisfatória (VON PINHO et al., 2008). As culturas, por sua vez, manifestam o seu máximo potencial produtivo em condições onde haja ausência de fatores de estresse atrelado com a máxima captação de radiação solar e absorção nutricional, fundamentando, assim, a indispensabilidade de ajustes adequados do espaçamento conforme as necessidades agronômicas da cultura, de forma que permita contribuir na sua máxima expressão morfológica e conseqüentemente produtiva (ARGENTA et al., 2001).

Partindo desse pressuposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e espaçamento entre linhas no cultivo nos componentes de produção e na produtividade da cultura do crame em condições semiáridas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de março a julho de 2018, na Fazenda Experimental do Instituto Nacional do Semiárido-INSA, localizada na Zona Sudoeste do Município de Campina Grande-PB (07°16'38"S, 35°58'05"W e 550 m de altitude). O solo é classificado como franco argiloso, com valores de granulometria de 661; 185; e 154 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente.

O clima da região é BSh, de acordo com Köppen, definido como semiárido quente com temperatura média de 22,9°C. Durante o período experimental, as temperaturas mínimas e máxima, foram de 16,6°C e 28,6°C, respectivamente; o índice pluviométrico médio foi de 49,78 mm, sendo que no início do ciclo da cultura, compreendido pelos 15 dias após a semeadura (DAS), foi o período mais chuvoso, chegando a 91 mm; em contrapartida, no final do ciclo, no período de maturação, fase que antecede a colheita, foi observado uma precipitação de 0,6 mm. Os valores diários desses parâmetros durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Características do clima no período de abril a julho de 2018. (Fonte de dados Estação Meteorológica do INSA).

A análise da amostra de solo da área experimental, retirada antes da implantação do experimento na profundidade de 0 a 20 cm, de acordo com a Embrapa (2011), mostrou os seguintes resultados: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,3; MO= 18,1 g dm<sup>-3</sup>; P= 6,0 mg dm<sup>-3</sup>; K= 0,32 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca= 1,95 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 1,34 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Na= 0,11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H = 2,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al= 0,20 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 2, sendo constituído de quatro doses de nitrogênio (30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>) e dois espaçamentos entre linhas de plantio (0,20 e 0,40 metros) com três repetições, totalizando vinte quatro parcelas. O experimento foi distribuído numa área retangular de 12 m de largura e 26 m de comprimento, totalizando em 312 m<sup>2</sup>. As parcelas, com 2m<sup>2</sup> de área (2m x 1m), foram espaçadas com 0,2 e 0,4m formando, respectivamente, 10 e 5 linhas de plantio por parcela, com dez plantas por metro linear, das quais, foram selecionadas 5 plantas consideradas úteis para efetivação das análises de número de siliques por planta (NSP) – contagem de siliques da planta inteira; número (NHP) e comprimento de hastes primárias (CHP); número de hastes secundária (NHS); número de siliques por haste (NSH).

As doses de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, foram fracionadas em três vezes aplicando em cobertura 9,52 g, 19,04 g, 28,56 g e 38,08 g por parcela aos 15, 30 e 45 DAS; e as de fósforo e de potássio, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, foram aplicados em fundação de 66,7 e 20,7 gramas por parcela, correspondentes a 60 kg ha<sup>-1</sup> de cada adubo.

O crambe, cultivar FMS Brilhante, disponibilizado pela Fundação Mato Grosso do Sul-FMS, foi semeado em 23 de abril de 2018, em média, com 12 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. O desbaste foi feito aos 10 DAS, resultando em um total de 10 plantas por metro linear. A colheita foi realizada manualmente em 2018 aos 91 DAS, separando o material de cada tratamento em sacos plásticos identificados. Em seguida foram avaliadas em cinco plantas da área útil por parcela as seguintes características fenométricas: número de síliquas por planta (NSP) – contagem de síliquas da planta inteira; número (NHP) e comprimento de hastes primárias (CHP); número de hastes secundária (NHS); número de síliquas por haste (NSH); massa de 1.000 grãos (M1000) – realizado com auxílio de balança de precisão, corrigindo a umidade dos grãos para 13%, em gramas; produtividade de grãos (Prod) – colhido a parcela toda, pesado e extrapolado para kg/ha, corrigido a umidade dos grãos para 13%; massa seca de plantas - após colhidas, as plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e pesadas em balança de precisão.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância comparando-se, por meio de análise de regressão as doses de nitrogênio (fator quantitativo) e, por meio de comparação de média, pelo teste T os diferentes espaçamentos ao nível de 0,05 de probabilidade utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5,2 (Ferreira, 2011).

## RESULTADO E DISCUSSÕES

Com base nos resultados da análise de variância (Tabela 1), observa-se que as variáveis NS, MSPA, NHP, CHP, NHS e PS1000 foram influenciadas significativamente ( $p < 0,01$ ) com as doses de nitrogênio e com diferentes espaçamentos. A interação destes fatores influenciou significativamente ( $p < 0,01$ ) somente no NHP.

Tabela 1. Resumo da ANOVA para as variáveis; número de siliquas (NS), massa seca da parte aérea (MSPA), número de hastes primária (NHP), comprimento de hastes primária (CHP), número de hastes secundária (NHS), número de síliquis por haste (NSH) e peso de 1000 síliquis (PS1000) da cultura do crambe, utilizando diferentes doses de nitrogênio e espaçamentos em condições de campo.

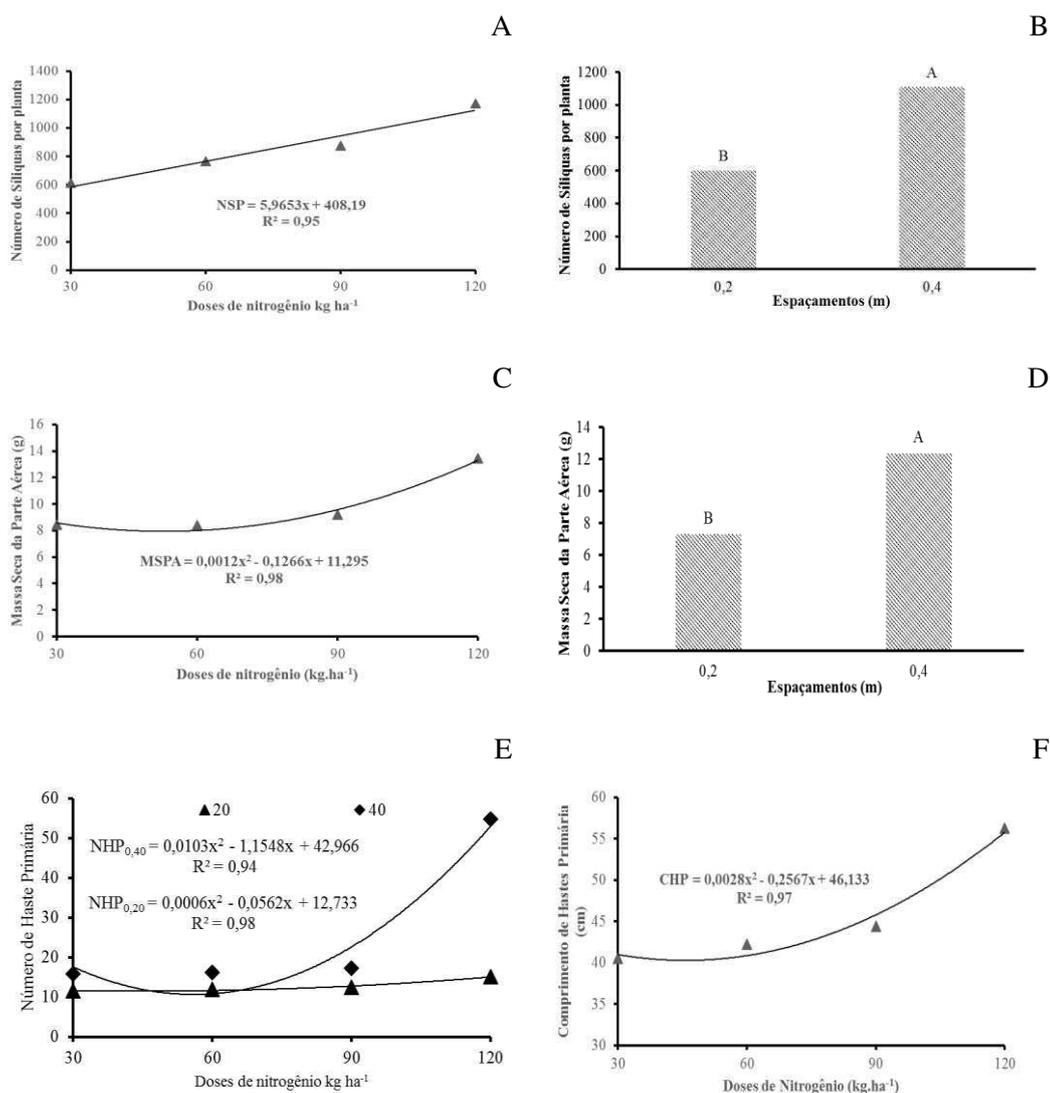
Teste-T								
Fontes de Variação	GL	NS <sup>1</sup>	MSPA <sup>2</sup>	NHP	CHP	NHS <sup>3</sup>	NSH <sup>4</sup>	PS <sub>1000</sub> <sup>5</sup>
N	3	**	**	**	**	**	ns	**
E	1	**	**	**	**	**	ns	**
Bloco	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N x E	3	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
Linear	1	**	**	**	*	**	ns	*
Quadrática	1	**	**	**	**	**	ns	ns
Erro	110	0,102	0,022	0,015	0,030	0,068	0,088	0,028
CV	%	11,35	15,84	10,45	10,68	16,88	18,54	19,36

\*, \*\*significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste f. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1,2,3,4,5</sup> valores transformados:  $\frac{x^{0,42929}-1}{0,42929}$ ;  $\frac{x^{0,328282}-1}{0,328282}$ ;  $\frac{x^{0,580808}-1}{0,580808}$ ;  $\sqrt{x}$  e  $\log x$ , respectivamente.

As doses de nitrogênio aplicadas influenciaram significativamente no número de síliquis apresentando um comportamento linear crescente (Figura 2A), sendo que houve um incremento de 91,44% no número de síliquis quando comparada a menor ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ) com a maior dose de nitrogênio ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Tais resultados corroboram Ledur et al. (2016), ou seja, em pesquisa desenvolvida na região Oeste do Paraná, estes autores observaram efeito significativo da adubação nitrogenada no número de síliquis; entretanto, com a dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  foi produzido um total de 368,52 síliquis por planta, valor 67,21% menor do que encontrado nesta pesquisa. Conforme Sampaio et al. (2016),

a cultura do crambe apresenta elevado potencial de responsividade à adubação nitrogenada, inclusive com a utilização de altas doses.

O número de síliquas por planta também variou de forma significativa conforme os diferentes espaçamentos utilizados, ou seja, foi observado em torno de 1109 e 602 síliquas nos espaçamentos 0,40 e 0,20 m, respectivamente, havendo um aumento de 84,17% quando comparado estes valores (Figura 2B). Conforme Kruger et al. (2011), em canola, cultura pertencente à mesma família do crambe, as Brassicaceae, a modificação no arranjo espacial de plantas através de espaçamentos e densidades adequadas pode ser alternativa para o alcance de melhores rendimento no número de síliquas. Todavia, de acordo com Chavarria et al. (2011), existe um limite máximo de plantas em um determinado espaço em função da competição fisiológica entre elas. Desta forma, a equidistância ideal entre as plantas é uma alternativa importante na obtenção de uma boa produção de síliquas por planta



**Figura 2.** Número de siliquis por planta em função de diferentes doses de nitrogênio (A) e de diferentes espaçamentos (B); massa seca da parte aérea por planta em diferentes doses de nitrogênio (C) e de diferentes espaçamentos (D); número de hastes primária na interação doses de nitrogênio vs espaçamento (E); comprimento de haste primária em função de diferentes doses de nitrogênio (F) no cultivo de plantas de crambe em campo.

A massa seca da parte aérea das plantas submetidas à dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N foi 56,03% superior às cultivadas com a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2C) corroborando Vechiatto e Fernandes (2011) que obtiveram diferença significativa entre doses de N (0; 80; 120 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em cobertura no crambe, afetando positivamente o peso de massa seca. De forma semelhante, Souza e Chaves (2017) observaram o aumento da massa seca da parte aérea em função da adubação nitrogenada aplicada (30, 60, 90, 120

kg ha<sup>-1</sup>), confirmando, assim, a importância do N na produção da matéria seca, e, conseqüentemente, no desenvolvimento da cultura.

A massa seca da parte aérea, independente das doses de N, foi maior no espaçamento correspondente a 0,40 m, ou seja, 12,38g (Figura 2D), apresentando um valor de 68,9% maior do que 7,33g obtido no menor espaçamento, 0,20 m. Estando a massa seca da parte aérea intimamente atrelada ao número de folhas, Bandeira (2013) constataram, na cultura da canola, que a parte aérea e seus componentes é uma característica morfológica limitante na produtividade desta cultura. Desta forma, o baixo desenvolvimento aéreo do crambe pode indicar uma menor produção.

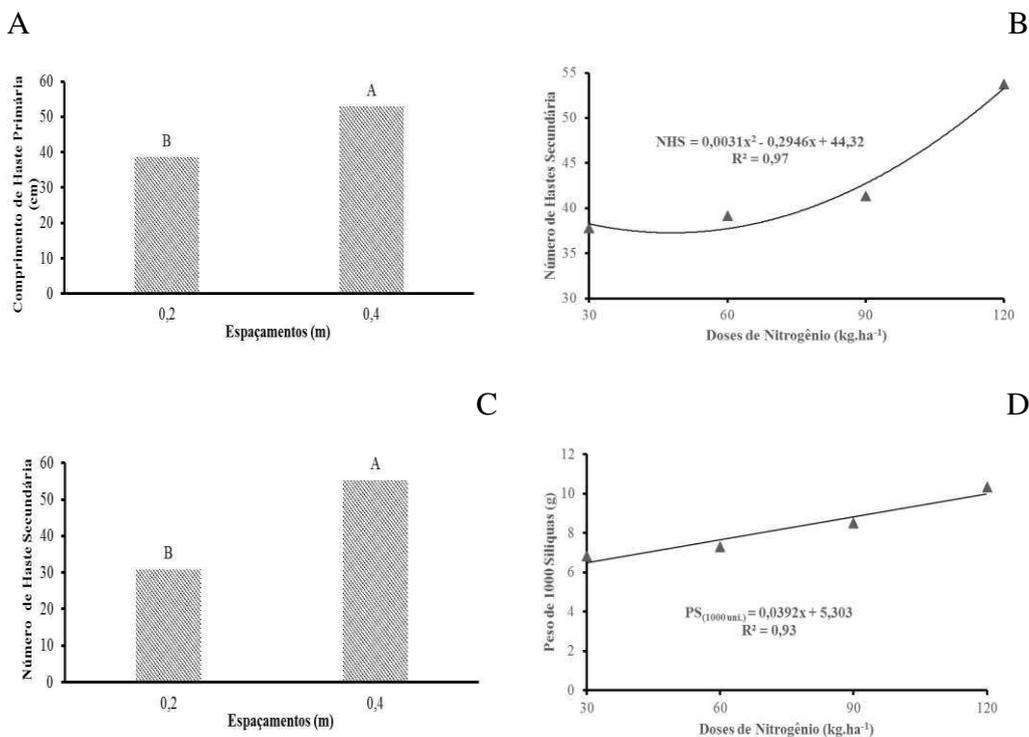
No variável número de hastes primárias (Figura 2E), observou-se efeito significativo na interação das doses de nitrogênio com o espaçamento. O NHP no espaçamento de 0,40m apresentou, graficamente, um comportamento quadrático, em que, a partir da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> houve um crescente aumento no número de hastes primária. Contudo, no espaçamento de 0,20 m notou-se, também, comportamento quadrático, no qual, nos resultados referentes a variável analisada (NHP) houve um aumento de 26,25% quando comparado os valores da menor (30 kg ha<sup>-1</sup>) com o de maior dose de N (120 kg ha<sup>-1</sup>). Assim, de forma análoga, no espaçamento de 0,40m o crescimento, em relação a menor dose de N, foi de 199,62%.

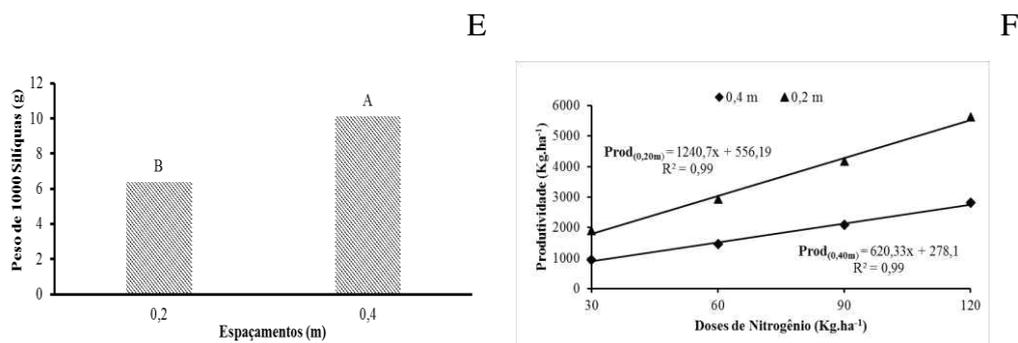
A aplicação de N influenciou o comprimento das hastes primárias (Figura 2F) apresentado, assim, o maior comprimento com a maior dose de N, ou seja, 55,65 cm. Desta forma, nesta pesquisa, nota-se que há relação direta entre o número de siliquis com as variáveis número e comprimento de hastes primárias; assim, o desenvolvimento arbóreo da cultura está correlacionado com a produção. Nesta cultura, o estudo do desempenho na formação de haste é importante, pois auxilia na interceptação de radiação solar. Segundo Canola Council of Canada citada por Chavarria et al. (2011), , as hastes e o caule da canola desempenham o papel fotossintético importante no início da maturação das siliquis, visto que o índice de área foliar começa a diminuir após o início do estágio de floração. Para Tipewa (2017) é importante ater as variáveis como número de hastes primários, secundários e o comprimento do ramo, pois, estão indiretamente influenciando no rendimento da cultura. Desta forma, é notório que a cultura do crambe expressa seu potencial à medida que ocorre o maior suprimento nutricional, ou adequação no arranjo, amenizando, assim, os efeitos ocasionados pela competição entre plantas.

O comprimento de hastes primária também foi influenciado pelo espaçamento das linhas de plantio (Figura 3A) sendo que o melhor desempenho, referente a 0,40 m, atingiu 53,03 cm de altura, 37,23% superior ao espaçamento de 0,20m no qual nas plantas atingiram em média, 38,65 cm. Corroborando Tomm (2007) que, na cultura da canola, recomenda espaçamento de até 0,45m e uma densidade mínima de 40 plantas m<sup>-2</sup> para assegurar um satisfatório rendimento.

A adubação nitrogenada influenciou de forma quadrática o número de hastes secundária (Figura 3B) atingindo 53,61 hastes com 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Este valor sobressaiu em torno de 40,08% em relação ao 38,27 hastes produzidas com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N. Resultados similares foram obtidos por Pereira et al. (2015), em que, o incremento no número de ramificações foi significativamente influenciado em função das doses de 0, 30, 60, 90, 120 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Sob os espaçamentos de 0,20 e 0,40m, o número de hastes secundária (Figura 3C) apresentou comportamento significativo, demonstrando, no espaçamento de 0,40m (55,23 cm), um incremento de 79,47% superior ao espaçamento de 0,20m (30,78 cm). De acordo com Kruger et al. (2012), na colza, da família das Brassicaceae, a menor competição entre plantas favorece o maior número de ramos, e, conseqüentemente, no maior número de síliquas.





**Figura 3.** Comprimento de haste primária em função de diferentes espaçamentos (A); número de hastes secundária em função de doses de nitrogênio (B) e de diferentes espaçamentos (C); peso de 1000 siliques em função de doses de nitrogênio (D) e de diferentes espaçamentos (E); produtividade em função de doses de nitrogênio nos diferentes espaçamentos (F).

O comportamento do peso de 1000 siliques, sob diferentes doses de N, foi linear crescente (Figura 3D), apresentando 10,01 g correspondente à 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo, por sua vez, 54,50% superior ao peso encontrado no tratamento referente à dose de 30 kg ha<sup>-1</sup>, 6,48 g. Corroborando Rezende et al. (2015), que, estudando diferentes teores de nitrogênio, observaram efeito significativo na massa de grãos em função do N. Rezende et al. (2015), afirmaram que, em diversos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é uma das variáveis determinantes da produção, influenciando, por sua vez, o crescimento do vegetal mais do que qualquer outro nutriente.

O espaçamento de 0,40 m resultou numa maior massa de grãos (10,11 g), superando em torno de 58,46% os valores obtidos no espaçamento de 0,20m (6,38 g) (Figura 3E) corroborando Freitas (2010) que, ao avaliar diferentes espaçamentos (0,17m, 0,34m e 0,51m), com aplicação de 14 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obteve uma ascensão no peso de grãos proporcional ao aumento do espaçamento.

A maior produtividade (Figura 3F) foi obtida com maior dose de N aplicada, ou seja, a 120 kg ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 0,20m corroborando Kaefer et al. (2014) que observaram a influência do N na produtividade de grãos de colza. Entretanto, existem pesquisas que atestam respostas de efeito negativo ou não significativos quanto a aplicação do N. Contudo, apesar do espaçamento de 0,40m ter beneficiado as variáveis anteriormente discutidas, o espaçamento de 0,20m sobressaiu-se quanto a produtividade, pois, a menor taxa na quantidade de siliques é compensada pelo maior número de plantas

por aérea. Resultados semelhantes foram obtidos por **Bandeira (2013)** que, em estudos com canola nos espaçamentos de 0,17; 0,34; 0,51 e 0,68m, alcançou a melhor rentabilidade dos grãos no espaçamento de 0,17m.

A alta produtividade deste trabalho corrobora Ghorban et al. (2011), que trabalhando com seis cultivares de *Brassica napus* (L.) na cultura da canola, em diferentes épocas de semeio, encontraram resultados que vão de 1.548 à 5.930 kg ha<sup>-1</sup>. Nota-se que, além da adubação nitrogenada e o espaçamento, a produtividade foi beneficiada por fatores climáticos como temperatura e pluviosidade. De acordo com Souza et al. (2017), o crambe representa uma opção de cultivo para regiões de climas semiáridos e subúmidas do Nordeste. Falasca et al. (2010), estudando a delimitação agroclimática adequada para a cultura do crambe na Argentina demonstraram que tal cultura apresenta maior aptidão para regiões com temperaturas entre 15 à 25°C podendo desenvolver-se com 350 mm de precipitação anual.

## CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada com espaçamento de 0,40 m entre as linhas de plantio proporcionou os melhores resultados em relação aos componentes de produção, porém, ao medir a produtividade por área, o espaçamento de 0,20 m com a adubação de 120 kg ha<sup>-1</sup> supera os valores encontrados em espaçamento de 0,40m na mesma dosagem. Pois, apesar da menor produção por planta, nessa condição, há um número maior de plantas por área plantada e, portanto, maior incidência de sílabas por área.

## LITERATURA CITADA

- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte. *Ciência Rural*, v. 31, p.1075-1084, 2001.
- BANDEIRA, T. P. Ecofisiologia da canola Hyola 61 sob variações no arranjo de plantas. 2013. Dissertação (Mestrado) Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo.
- BISPO, A. S.; DELFINO, L. D.; COSTA, B. J.; SUCHEK. Caracterização de óleos vegetais extraídos mecanicamente sob condições variadas, visando a produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 4., e CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 7., 2010, Belo Horizonte, MG. Anais... Belo Horizonte, MG: TECPAR, 2010.
- CASTRO, C., BALLA, A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; SFREDO, G. J. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. *ScientiaAgricola*, v.56, n.4, p.827-833,1999..
- CHAVARRIA, G.; TOMM, G.O.; MULLER, A.; MENDONÇA, H.F.; MELLO, N.; BETTO, M.S. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. *Ciência Rural*, v. 41, n. 12, p. 2084–2089, 2011.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011. 230p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computerstatisticalanalysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FALASCA, S. L.; FLORES, N.; LAMAS, M. C.; CARBALLO, S. M.; ANSCHAU, A. *Crambe abyssinica*: Anal mostun known crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 35, n. 11, p. 5808-5812, 2010.
- FREITAS, M. E. Comportamento agrônômico da cultura do crambe (*Crambe Abyssinica* Hoechst) em função do manejo empregado. 2010. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados.
- KAEFER, J.E.; GUIMARÃES, V.F.; RICHART, A.; TOMM,G.O.; MULLER, A.L. Produtividade de grãos e componentes de produção da canola de acordo com fontes e doses de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 4, p. 273–

280, 2014.

- KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 1448-1453, 2011.
- LEDUR, E. O.; CHAVES, L.H.G.; FERNANDES, J.D. Nitrogen and phosphorus on crambe development after off-season corn cultivation. *Científica*, v. 44, n. 2, p. 263–270, 2016.
- LIMA, P.C.R. O biodiesel no Brasil e no mundo e o potencial do Estado da Paraíba. *Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados*, 2007.
- ONOREVOLI, B. Estudo do crambe abyssinica como fonte de matérias primas oleaginosas: óleo vegetal, ésteres metílicos e bio-óleo. 2012. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PEREIRA, J.C.A.; SILVA, S.S.; CHAVES, L.H.G.; NEGREIROS, E.D. Resposta do crambe à fertilização mineral submetido a diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio. In: CONGRESSO TECNICO CIENTIFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2015, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza, CE, p.1-5, 2015.
- PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. Tecnologia e Produção: Crambe. In: BROCH, D.L.; ROSCOE, R. Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe. Maracaju: Fundação MS, 2010. p. 22-36.
- REZENDE, R.K.S; MARQUES, R.F.; MASETTO, T.E. Características morfológicas e produtividade do crambe em função da adubação nitrogenada. *Revista Agrarian,Dourados*. v. 8, p. 279–286, 2015.
- SAMPAIO, M. L.; BARZAN, R. R.; FREGONEZI, G.A.F. Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do crambe em casa de vegetação. *Revista de Agricultura, Piracicaba*.v. 91, n. 2, p. 165–173, 2016.
- SHARGHI, Y.; RAD, A. H. S.; BAND, A, A.; NOORMOHAMMADI, G.; ZAHEDI, H. Yield and yield components of six canola (*Brassica napus* L.) cultivars affected by planting date and water deficit stress. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 46, p. 9309-9313, 2011.
- SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo-forrageiro e crambe. *Pesquisa*

- Agropecuária Brasileira, v. 44, n.10, p.1328-1335, 2009.
- SOUZA, R. S. DE; CHAVES, L. H. G. Crescimento e produção do crambe submetido a doses de nitrogênio e fósforo. Revista Espacios, v. 38, n.8, p.1-24, 2017.
- SQUIZATO, R. Fugindo da soja. Revista Biodiesel BR, v. 5, p. 49-53, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TIPEWA, N. Produtividade de colza, girassol e soja em situações culturais diversas: variedades; datas de sementeira; e adubação azotada. 2017. Dissertação (Mestrado) Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança.
- TOMM, G.O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p.
- VECHIATTO, C. D.; FERNANDES, F. C. S. Aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do crambe. Cultivando o Saber, Cascavel. v.4, n.2, p.18-24, 2011.
- VON PINHO, R.G.; GROSS, M.R.; STEOLA, A.G.; MENDES, M.C. Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema de plantio direto na região Sudeste do Tocantins. Bragantia, v.67, n.3, p.733-739, 2008.

