



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



**ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO E FÓSFORO EM CRAMBE NA**  
**REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

**EDUARDO OBADOWSKI LEDUR**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**OUTUBRO - 2013**

EDUARDO OBADOWSKI LEDUR

**ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO E FÓSFORO EM CRAMBE NA  
REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORA:

**PROFA. DRA. LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES**

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

OUTUBRO– 2013

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

L475a Ledur, Eduardo Obadowski.

Adubação com nitrogênio e fósforo em crambe na Região Oeste do Paraná. / Eduardo Obadowski Ledur. - Campina Grande, 2013.

68 p. : il. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Doutorado em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Irrigação e Drenagem, 2013.

Orientadora: Lúcia Helena Garófalo Chaves.

1. Crambe abyssinica. 2. Nutrientes. 3. Cultivo. I. Chaves, Lúcia Helena Garófalo. II. Universidade Federal de Campina Grande. III. Título.

CDU 556



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



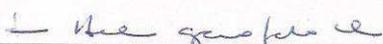
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

EDUARDO OBADOWSKY LEDUR

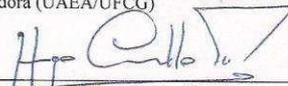
ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO E FÓSFORO EM CRAMBE NA REGIÃO OESTE DO  
PARANÁ

BANCA EXAMINADORA

PARECER

  
Dr. Lúcia Helena Garófalo Chaves  
Orientadora (UAEA/UFPG)

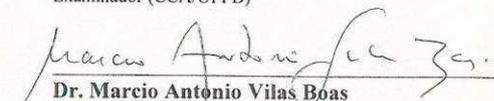
Aprovado

  
Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra  
Examinador (UAEA/UFPG)

Aprovado

  
Dr. Iêde de Brito Chaves  
Examinador (CCA/UFPB)

Aprovado

  
Dr. Marcio Antônio Vilas Boas  
Examinador (UNIOESTE)

APROVADO

  
Dr. Antonio Aprigio  
Examinador (UTFPR)

APROVADO

OUTUBRO DE 2013

## AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio, á minha esposa Solangela e aos meus filhos Laerte e Solano, pela dedicação, carinho e paciência.

Á professora Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves pela excelente orientação, dedicação, competência, comprometimento e capacidade pela orientação desta pesquisa e aos professores Drs. Iêde de Brito Chaves e Hugo Orlando Carvallo Guerra, pela orientação, auxílio, amizade, respeito e ensinamentos repassados.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola UFCG – DINTER.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola UFCG - DINTER, pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado e pelo apoio.

Aos meus colegas de Curso de Doutorado pelo incentivo, companheirismo, amizade e cooperação.

Aos pesquisadores e professores da banca examinadora prof. Drs. Márcio Antonio Vilas Boas e Antonio Aprígio pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

Aos professores do Núcleo de Física da UTFPR – Medianeira, pelo apoio.

Às professoras Joice Maria Maltauro Juliano e Marilete Demarco pelas aulas de inglês.

Á Cooperativa Lar pelo fornecimento de dados e parceria em algumas análises.

Ao IAPAR – Palotina - PR, pelo apoio, incentivo e auxílio na debulha do crambe.

Á Fundação Mato Grosso do Sul – FMS, pelo apoio, pelo envio das sementes da cultivar FMS Brilhante.

Á CAPES pelo financiamento do projeto.

Á todas as pessoas que de uma forma e outra me auxiliaram para a realização do curso, certamente estes parágrafos não irão atender a todos que fizeram parte dessa importante fase de minha vida, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

*“Se cheguei até aqui foi porque me apoiei nos ombros dos gigantes”.*

*Isaac Newton*

## RESUMO

Entre as espécies que estão sendo estudadas para produção de biodiesel, o crambe (*Crambe abyssinica*) parece ser um vegetal promissor. Possui baixo custo de plantio, elevado teor de óleo e fácil processo de extração do óleo, além de ser alternativa para o sistema de rotação de culturas. O crambe por ser uma espécie pouco conhecida no Oeste do Paraná, vários estudos sobre o seu manejo precisam ser realizados. Mediante a necessidade de conhecimento para ampliação do cultivo dessa espécie o presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência de doses de fertilizantes e épocas de semeadura no desenvolvimento do crambe. O estudo foi conduzido através de experimentos no campo em uma propriedade rural localizada no município de Serranópolis do Iguçu, Estado do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, no esquema fatorial 5 x 5, sendo o primeiro fator constituído de cinco doses de nitrogênio (0; 30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>) e o segundo por cinco doses de fósforo (0; 50; 75; 100; 125 kg ha<sup>-1</sup>), com três repetições e duas épocas de semeadura (maio e julho). Os parâmetros avaliados foram: altura de planta, número de ramificações por planta, número de siliques por planta, produtividade, massa de 1000 grãos, massa seca de planta, Nitrogênio (N) Fósforo (P) e Potássio (K) no tecido foliar, teor de N, proteína e lipídeos nos grãos do crambe. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) empregando-se o Programa de Análise Estatística - SISVAR. De acordo com a discussão dos resultados concluiu-se que no plantio realizado em maio com o aumento das doses de nitrogênio houve um aumento na altura das plantas, na ramificação, massa seca, número de siliques por planta e teor de nitrogênio e potássio foliar, já na produtividade houve um aumento até a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> e a massa de 1000 grãos foi significativamente reduzida. Na adubação fosfatada houve um aumento na altura das plantas até aproximadamente 60 kg ha<sup>-1</sup>, a partir deste tratamento houve uma correlação inversa, também houve um aumento no teor de potássio e fósforo foliar. Entretanto os teores de proteínas e nitrogênio no grão do crambe não foram influenciados pelas adubações. No plantio de julho concluiu-se que com o aumento da adubação de nitrogênio houve um aumento no número de ramificações, massa seca, número de siliques por planta, e no teor de potássio foliar, já na adubação de fósforo conforme o aumento na concentração houve um aumento na altura das plantas, no número de ramificações, número de siliques por planta de crambe. Já para a massa de 1000 grãos, a produtividade, teores de lipídios, de nitrogênio e proteína no grão não foram influenciados pelas adubações. Concluiu-se ainda que o plantio do crambe no mês de maio é mais indicado para a região oeste do Paraná, já para o plantio de julho não se recomenda.

**Palavras-chave:** Crambe *abyssinica*, nutrientes e cultivo.

## ABSTRACT

Among the species that are being studied for the production of biodiesel, cambré (*Crambe abyssinica*) seems to be a promising vegetable. It has low cost of planting, high content of oil and easy process of oil extraction, besides being an alternative for the system of crop rotation. Cambré is a species not well known in the West of Paraná, thus various studies about its management need to be done. By the need of information for the increased cultivation of this species, this study aims to evaluate the influence of doses of fertilizer and sowing dates on the development of cambré. This study was conducted by field experiments on a land in Serranópolis do Iguaçu, Paraná. The experimental design used was randomized blocks, in the factorial 5 x 5, the first factor being constituted of five doses of nitrogen (0; 30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>) and the second of five doses of phosphorus (0; 50; 75; 100; 125 kg ha<sup>-1</sup>), with three repetitions and two sowing dates (May and July). The parameters evaluated were plant height, number of ramifications per plant, number of siliques per plant, productivity, mass of 1000 grains, plant dry mass, Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), leaf tissue, content of N, protein and lipids in cambré grains. Data underwent ANOVA (F test) and the averages were using Statistical Analysis Program (SISVAR). Based on the discussion of results, we concluded that the plantation done in May with the increased doses of nitrogen made a difference in the plants growth, ramification, dry mass, number of siliques per plant, content of leaf nitrogen and potassium, but in productivity there was an increase by the dose of 60 kg ha<sup>-1</sup> and the mass of 1000 grains was significantly reduced. In the phosphate fertilization there was an increase in the height of plants of approximately 60 kg ha<sup>-1</sup>, from this treatment there was an inverse correlation, there was also an increase in the leaf potassium and phosphorus. However the content of protein and nitrogen in cambré were not influenced by fertilization. In the plantation of July, we concluded that with the increase of nitrogen fertilization there was an increase in the number of ramifications, dry mass, number of siliques per plant and in leaf potassium, however in the phosphorus fertilization, according to the increase in concentration, there was an increase in the height of plants, in the number of ramifications, number of siliques per cambré plants. But the mass of 1000 grains, the productivity, lipid, nitrogen and protein levels in the grain were not influenced by fertilization. We may also conclude that the planting of cambré in May is more indicated for the West of Paraná than in July, which is not recommended.

Key words: *Crambe abyssinica*, nutrients, cultivation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta de crambe (crambe abyssinica).....	19
Figura 2 - Características do clima no período de maio a novembro de 2012 .....	29
Figura 3 - Croqui do experimento no campo.....	31
Figura 4 - Altura de plantas de Crambe em decorrência da interação das doses de nitrogênio com doses e de fósforo. ....	36
Figura 5 - Altura das plantas em decorrência da interação das doses de fósforo com a dose de nitrogênio .....	37
Figura 6 - Número de ramificação em decorrência das doses de nitrogênio.....	38
Figura 7 - Massa seca das plantas em decorrência das doses de nitrogênio.....	38
Figura 8 - Número de siliques em decorrência das doses de nitrogênio .....	39
Figura 9 - Massa de mil grãos de crambe em decorrência das doses de nitrogênio .....	40
Figura 10 - Produtividade dos grãos de crambe em decorrência das doses de Nitrogênio .....	41
Figura 11 - Nitrogênio e potássio foliar em decorrência de doses de nitrogênio e potássio e fósforo foliar em decorrência das dose de fósforo.....	43
Figura 12 - Preparo do solo, implantação e condução da cultura do crambe, no plantio realizado no mês de maio .....	44
Figura 13 - Preparo do solo, implantação e condução da cultura do crambe, no plantio realizado no mês de julho .....	45
Figura 14 - Altura de plantas de crambe em decorrência das doses de fósforo .....	46
Figura 15 - Altura de plantas de crambe em decorrência da interação das doses de nitrogênio com doses e de fósforo .....	47
Figura 16 - Altura de plantas de crambe em decorrência da interação das doses de fósforo com a dose de nitrogênio.....	48
Figura 17 - Número de ramificação em decorrência das doses de nitrogênio.....	48
Figura 18 - Número de ramificação em decorrência das doses de fósforo.....	49
Figura 19 - Massa seca das plantas em decorrência das doses de nitrogênio.....	49
Figura 20 - Número de siliques em decorrência das doses de nitrogênio .....	51
Figura 21 - Número de siliques de crambe em decorrência da interação das doses de nitrogênio com doses e de fósforo .....	51
Figura 22 - Número de siliques em decorrência das doses de fósforo .....	52

Figura 23 - Número de síliquas de crambe em decorrência da interação das doses de fósforo com doses e de nitrogênio .....	52
Figura 24 - Teor de potássio foliar com interação de doses de nitrogênio .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas e químicas das amostras de solo das camadas superficial (0 – 20 cm) e subsuperficial (20- 40 cm).....	28
Tabela 2 - Análise de variância para a altura da planta, número de ramificações e massa seca de plantas, em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de crambe.....	36
Tabela 3 - Análise de variância para o número de síliquas, massa de mil grãos, produtividade, teores de lipídeos, de nitrogênio, e de proteína, nos grãos em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de Crambe.....	39
Tabela 4 - Análise de variância para os teores de nitrogênio, fósforo e potássio foliar em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de crambe.....	42
Tabela 5 - Análise de variância para a altura da planta, número de ramificações e massa seca de plantas em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de crambe .....	46
Tabela 6 - Análise de variância para o número de síliquas, massa de mil grãos, produtividade, teores de lipídeos, de nitrogênio e de proteína nos grãos em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de Crambe.....	50
Tabela 7 - Análise de variância para os teores de nitrogênio (N Foliar), fósforo (P Foliar) e potássio foliar (K Foliar) em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de crambe .....	54

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

AP	Altura da planta
NR	Número de ramificações
MSP	Massa seca de plantas
NS	Número de síliquas
M1000G	Massa de mil grãos
PROD	Produtividade
LIPID	Lipídeos
NITRO	Nitrogênio
PROT	Proteína
N Foliar	Nitrogênio foliar
P Foliar	Fósforo foliar
K Foliar	Potássio foliar
*	Significativo a 5 % de probabilidade do erro
**	Significativo a 1% de probabilidade do erro
ns	Não significativo
ANOVA	Análise de variância
MS	Mato Grosso do Sul
URSS	União da República Socialista Soviética
%	Porcentagem
MT	Mato Grosso
GO	Goiás
DNA	Ácido desoxirribonucleico
ADP	Adenosina difosfato

ATP	Adenosina trifosfato
SISVAR	Software de análises estatísticas e planejamento de experimentos
P	Fósforo
N	Nitrogênio
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
$H^+ + Al^{3+}$	Hidrogênio + Alumínio
Al	Alumínio
T	Capacidade de trocas catiônicas
SB	Soma das bases
$V_1$	Saturação das bases
$S (SO_4)^{2-}$	Enxofre – sulfato
Fe	Ferro
Cu	Cobre
B	Boro
Zn	Zinco
Mn	Manganês

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA CRAMBE <i>ABYSSINICA</i> .....	18
2.2 A IMPORTÂNCIA DOS NUTRIENTES E A FERTILIDADE DO SOLO .....	21
2.3 NITROGÊNIO (N).....	23
2.4 FÓSFORO (F) .....	24
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA A CAMPO .....	27
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	29
3.3 COLETA DE DADOS .....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>35</b>
4.1 PRIMEIRO PLANTIO (MAIO/2012) .....	35
4.2 SEGUNDO PLANTIO (JULHO/2012) .....	44
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O elevado consumo mundial de combustíveis tem levado os países desenvolvidos e em desenvolvimento a pensarem em novas opções viáveis economicamente e ambientalmente corretas. O Brasil tem uma grande produção e potencial para atender a demanda mundial de biocombustíveis (etanol, biodiesel e biogás), por meio da produção de culturas que servirão de matéria prima para a sua produção. Embora o Brasil já tenha experiência com a adição de álcool à gasolina, os produtores brasileiros de bicombustíveis levam vantagem no mercado internacional (BARROS, 2007).

Atualmente mais de 25 países têm produzido biodiesel a partir de sementes de plantas oleaginosas. Existem mais de 300 espécies vegetais de oleaginosas, porém, apenas 40 têm potencial para produção de biodiesel, sendo as mais utilizadas: a soja, a canola, a palma e o girassol. A principal dificuldade em recomendar a semeadura em escala comercial de outras espécies de oleaginosas para produção de grãos como matéria prima para o biodiesel deve-se ao pouco conhecimento de cultivo, que está associado diretamente às adaptações das espécies, às condições edafoclimáticas, incidência de pragas e doenças, produtividade, rendimento de óleo, comercialização, preço da matéria prima e ao preço do biodiesel na indústria (DE LA FUENTE et al., 2006, citado por PENELA, 2007).

As questões ambientais e a busca por combustíveis de fontes renováveis em curto prazo, no cenário mundial, têm aberto espaço para novas oportunidades econômicas relacionadas à bioenergia, particularmente ao biodiesel do óleo extraído do crambe, gerando um novo negócio rentável para grandes e pequenos produtores e outros agentes da cadeia produtiva, pois este é uma variedade que pode ser plantada na entressafra.

No Brasil, as pesquisas com a cultura do crambe iniciaram em meados da década de 90, no estado do Mato Grosso do Sul, onde inicialmente se avaliou o comportamento como cobertura de solo. Nas primeiras pesquisas da “Fundação MS” com o crambe no estado, município de Maracaju/MS, se observou que tem como característica fundamental para a expansão desta cultura o desenvolvimento de cultivares com alta produtividade, boa tolerância a doenças, boa adaptabilidade a diferentes condições de clima e cultivo e, principalmente, uma forma adequada a métodos de cultivo modernos, rentáveis e ambientalmente sustentáveis.

A determinação do potencial produtivo de uma cultura em relação a disponibilidade de nutrientes nas diferentes fases do seu desenvolvimento é importante, porque permite determinar quais os elementos que são mais exigidos durante o desenvolvimento da cultura e onde são acumulados nas diferentes estruturas da planta, possibilitando um manejo adequado da adubação.

Os fertilizantes são insumos de maior peso para a maioria das plantas cultivadas e seu uso eficiente é fundamental para garantir boa produtividade e rentabilidade. As informações sobre adubação em crambe ainda são pouco conhecidas na região Sul. Segundo Souza et al. (2009), a planta absorve grandes quantidades de N, o que pode ser justificado por seu elevado teor de proteína nos grãos. No entanto, são limitadas as informações sobre o potássio, cujo desbalanceamento pode comprometer a absorção e a dinâmica dos demais elementos.

O solo da região Oeste do Paraná é o argiloso, de cor vermelha conhecido como latossolo vermelho, encontrado principalmente nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Esse tipo de solo pelas suas condições edáfo - climáticos e topográficos é bastante adequados ao uso agrícola.

A cultura do crambe além de sua importância econômica é uma opção de cultura de entressafra para a região sul do país, adaptando-se ao plantio e colheita mecanizada, contudo ainda é objeto de estudo da pesquisa que vem tentando avaliar aspectos importantes relativos à cultura, principalmente em relação à adaptação, produção, nutrição mineral e absorção de nutrientes.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a adaptação do crambe, adubação com nitrogênio e fósforo em diferentes períodos de cultivos, para o período de entressafra do sistema produção milho x soja, utilizado no Oeste do estado do Paraná.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O crambe (*Crambe abyssinica*) é uma oleaginosa pertencente à família Brassicaceae, de origem da zona do Mediterrâneo, sendo normalmente utilizada para produção de óleo para produtos industriais, como, por exemplo, um lubrificante industrial, um inibidor de corrosão, e como um ingrediente na fabricação de borracha sintética. O óleo contém 50-60% de ácido erúico, um ácido graxo de cadeia longa, que é usado na fabricação de filmes plásticos, plastificantes, nylon, adesivos e isolamento elétrico (CARLSON et al., 1996); no Brasil tem-se estudado a utilização para a produção de biodiesel (FMS, 2011).

Segundo Oplinger et al. (1991), o crambe tem sido cultivado na África tropical e subtropical, do Oriente Próximo, Central e Oeste da Ásia, Europa, Estados Unidos e América do Sul. Foi usado pela primeira vez como uma cultura em 1933 no Botânico Boronez Station, URSS, e tem sido uma parte de um programa de melhoramento na Suécia desde 1949.

O farelo da torta do crambe um subproduto da extração do óleo, pode ser utilizado como suplemento protéico para bovinos, contém entre 46 e 58% de proteína nas sementes. Porém, não é recomendado para alimentação de animais não ruminantes, devido ao fato de conter glucosinatos, os quais podem ser desdobrados no trato digestivo formando compostos que podem causar danos no fígado e nos rins dos animais (OPLINGER et al., 1991).

No Brasil, as pesquisas com a cultura do crambe tiveram início nos meados da década de 90, mais precisamente no ano de 1995, no município de Maracajú, estado do Mato Grosso do Sul. Inicialmente se avaliou o comportamento das plantas como cobertura de solo, sendo usadas posteriormente pelos agricultores da região 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 foi avaliado por muitos anos como cultura para cobertura do solo, mas tem boas possibilidades de ser uma cultura voltada à produção de biodiesel, devido aos elevados teores de óleo, com baixo custo de produção, à semelhança do nabo forrageiro e aveia preta. Seu custo de produção variável se resume basicamente à semente (12 a 15 kg ha<sup>-1</sup>), dessecação, operação de plantio, operação de colheita e transporte, variando de R\$ 200,00 a R\$ 300,00 por hectare (PITOL, 2008).

O crambe (*Crambe abyssinica*), por sua vez, é uma planta que apresenta grande potencial para ser cultivada com a finalidade de produção de biodiesel, devido ao óleo não ser

recomendado para o consumo humano, por possuir alto teor de ácido erúico (50-60%). A cultura tem despertado interesse dos produtores de soja, porque todo seu cultivo é mecanizado e, por ser uma cultura de inverno, semeada após a colheita da soja, de março a maio, apresenta baixo custo de produção, com percentual de óleo total entre 26% e 38%. A produtividade é de 1.000 a 1.500 quilos por hectare (PITOL, 2008).

Os experimentos feitos por Machado et al. (2011) de prensagem do crambe demonstraram boa eficiência de extração, com rendimento de obtenção de aproximadamente 31% em massa de óleo para a massa total processada a frio; portanto possui potencial considerável como fonte de óleo para a produção de biodiesel, por apresentar bom rendimento e produção.

A cultura do crambe no Brasil caracteriza-se por ser um vegetal arbustivo, desenvolvendo-se em condições climáticas diferenciadas, desde geadas típicas do sul do país até climas quentes e secos, como do centro-oeste brasileiro (MACHADO, 2007; FARIA, 2010; PITOL, 2010a).

Conforme Meakin e Mackey (2005), a cultura não cresce bem em solos pedregosos e rasos; o solo para o plantio do crambe deve ser fértil, bem corrigido, com pH acima de 5,8, mas ainda não há recomendações específicas e até que nível de adubação é viável para a cultura (PITOL, 2008). Estudos feitos por Silva et al. (2011a) concluíram que a cultura do crambe é sensível ao aumento da compactação do solo nos níveis avaliados de densidade, o que reduz o crescimento em diâmetro, a massa seca radicular.

A cultura é totalmente mecanizada, do plantio à colheita, aproveitando os mesmos equipamentos utilizados para outras culturas de inverno; a lavoura é tolerante à seca e a geadas e não é suscetível a pragas e doenças, (MEDEIROS, 2007; PITOL, 2008).

## 2.1 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA (CRAMBE *ABYSSINICA*)

O crambe (*Crambe abyssinica*), pertencente à família Brassicaceae, é um membro próximo da família da mostarda e canola (OPLINGER et al., 1991); tem cerca de trinta espécies, mas o cultivável em grande escala é o crambe abyssinica, também conhecido como Abyssinian Kale, (DESAI, 2004 apud OLIVA, 2010)

A planta herbácea anual, com numerosos ramos, tem aproximadamente um metro de altura, as folhas são ovais e assimétricas; a lâmina foliar possui em torno de 10 cm e 7,6 cm de largura, com superfície lisa; o pecíolo é canalizado cerca de 8 cm de comprimento e é pubescente (OPLINGER et al., 1991).

O crambe produz numerosas flores pequenas e brancas ao longo dos ramos, conforme Figura 1; os frutos são esféricos, é uma siliqua; sua cor no início é verde e se torna amarela próximo à maturação; o fruto é verde claro a castanho claro (OPLINGER et al., 1991). Cada siliqua possui diâmetro entre 0,8 a 2,5 mm (DESAI et al., 1997).

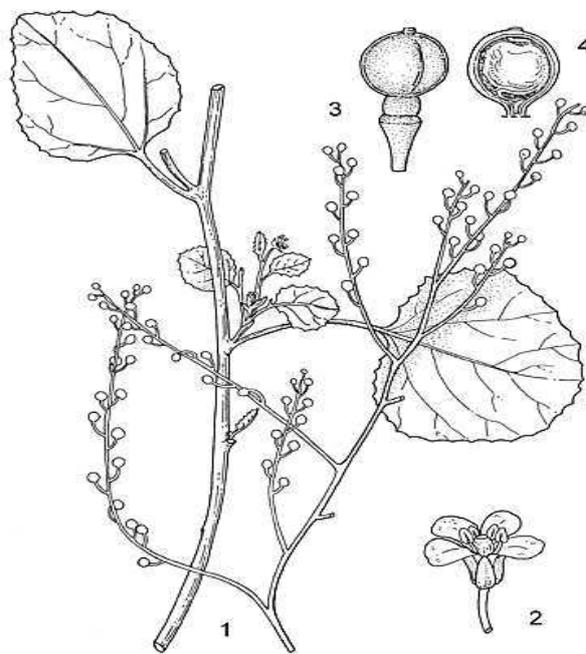


Figura 1 - Planta de crambe (*crambe abyssinica*): 1) partes inferior e superior da planta em fase de frutificação; 2) flor; 3) fruto; 4) corte longitudinal da parte superior do fruto, (Fonte: [www.prota.org.br](http://www.prota.org.br))

A semente possui forma esférica e é envolvida por uma estrutura tegumentar denominada pericarpo. De modo geral, a função básica do pericarpo é proteger as sementes contra abrasões e choque, funcionando como barreira para a entrada de microorganismos, permitindo que possam ser armazenadas por longos períodos, sem perda significativa do poder germinativo (PEREZ, 1998).

A planta possui uma raiz penetrante, que pode atingir profundidades de bem mais de 15 cm, isto lhe permite ser relativamente resistente à seca, porém, o estresse hídrico durante a

floração ou na formação da semente pode causar perdas; é sensível a temperaturas bem abaixo de zero no plantio e floração (MEAKIN et al., 2005).

A época de plantio é dependente da duração do período chuvoso a exemplo nas regiões: sul do Mato Grosso do Sul, norte do Paraná e sul de São Paulo que é de 15 de março a 15 de maio, já para a região central de Mato Grosso do Sul é de 15 de março a 15 de abril, e na região norte de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás recomenda-se 01 fevereiro a 01 de abril (FMS, 2013).

No plantio do crambe, recomenda-se um espaçamento: 17 a 50 cm, pois o espaçamento menor melhora a competição da cultura com as ervas invasoras, enquanto o maior melhora o arejamento da lavoura e evita acamamento em condições muito favoráveis ao desenvolvimento da planta. O estande de plantas varia entre 80 e 120 planta/m<sup>2</sup> (20 a 30 plantas/m), o que representa de 12 a 15 kg ha<sup>-1</sup> de sementes (FMS, 2013).

Quando a maturidade da planta se aproxima por volta de 90 dias, suas folhas ficam amarelas e começam a se soltar da planta, as síliquas e os ramos passam para uma cor palha; é o momento da colheita dos frutos (OPLINGER et al., 1991).

Em suas folhas, o crambe tem uma substância chamada de glicosinolato, que é repelente e tem um caráter até 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, ou seja, no meio do inverno, o que é muito atípico. Então, não se recomenda controle químico para pragas e doenças (ROSCOE et al., 2010).

O crambe é uma cultura tolerante à seca, principalmente a partir do seu desenvolvimento vegetativo, quando não tolera períodos chuvosos ou de alta umidade relativa do ar. Quanto à temperatura, é tolerante ao frio, exceto após a emergência, quando tolera temperaturas de até 3° C negativos, e no florescimento, quando a ocorrência de geadas causa abortamento das flores. Nas condições climáticas brasileiras, comporta-se como cultura de outono/inverno (NEVES et al., 2007; RUAS et al., 2010).

As sementes de crambe 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)

Ruas et al. (2010), avaliando a germinação das sementes de crambe, verificaram que a retirada do pericarpo proporciona um aumento de até 90% na germinação das sementes.

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.

A utilização do fertilizante fósforo em estudos feitos por Rogério et al. (2012a), na semeadura do crambe, aumentou significativamente a produtividade, porém não diferiu significativamente na massa de 100 grãos do crambe. Ainda Silva et al. (2011c), em experimentos com aplicação de fósforo na semeadura, verificaram um aumento significativo no teor de óleo nos grãos e na produtividade do crambe.

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, 2013). Portanto, para o seu adequado desenvolvimento, o solo deve ser de média a alta fertilidade. A camada de 0-20 cm deve estar corrigida e a de 20-40 cm com baixa saturação por  $Al^{3+}$  (PITOL et al., 2010b).

A cultura do crambe apresenta maior sensibilidade à compactação do solo no crescimento e desenvolvimento aéreo e radicular (SILVA et al., 2011a).

Heinz et al. (2011), avaliando a decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro, verificaram que a liberação do N, K, P, Ca, Mg e S ocorreu de forma mais lenta no crambe que no nabo forrageiro, o qual tem uma relação C/N inferior ao crambe (CERETTA et al., 2002). E concluíram que a palhada do crambe apresenta maior persistência. Mesmo o crambe apresentando uma liberação mais lenta dos nutrientes avaliados, os autores verificaram que o potássio, que é nutriente requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais, foi rapidamente mineralizado pelas duas culturas.

Quanto à utilização de herbicidas para o crambe a quantidade é pequena. Os estudos feitos por Oliveira Neto et al. (2011) demonstraram que o trifluralin apresentou potencial seletivo para o desenvolvimento inicial das plantas de crambe; os herbicidas alachlor e pendimethalin, mesmo em doses baixas, promoveram alta fitointoxicação e redução acentuada no número de plantas, não são viáveis para a cultura do crambe.

## 2.2 A IMPORTÂNCIA DOS NUTRIENTES E DA FERTILIDADE DO SOLO

A produtividade está relacionada a diversos fatores, dentre os quais o estado nutricional é fator fundamental no rendimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2006).

A aplicação de fertilizantes influencia diretamente na produção e na qualidade das plantas. Deste modo, a dosagem, a época e a localização de aplicação da adubação são importantes para maximizar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes e minimizar suas perdas. Os fertilizantes são aplicados periodicamente para suprir a demanda por nutrientes que são removidos na colheita, utilizados para manter o crescimento vegetativo e repor as reservas do solo (FEIGENBAUM et al., 1987).

O solo tem a função de atender a demanda alimentar do planeta; sua conservação e utilização racional são essenciais no presente e principalmente para as gerações futuras. A formação do solo e suas características variam muito de uma região para outra, sendo que os componentes de principal importância no contexto da produtividade são a matéria orgânica, nutrientes, macronutrientes, micronutrientes, textura, água e ar.

A fertilidade do solo consiste em quantidades suficientes e balanceadas, em que todos os nutrientes essenciais estejam em formas assimiláveis, este ainda deve estar livre de materiais tóxicos e ter propriedades químicas e físicas satisfatórias. Sendo assim, pode-se afirmar que nem todo solo fértil é obrigatoriamente produtivo, (MELLO; BRASIL SOBRINHO, 1993).

As características físicas e químicas do solo são importantes, pois é através destas que se pode ter uma ideia de como o solo foi tratado no decorrer do tempo; para isto, a escolha da área para cultivo é de primordial importância. Do ponto de vista agrícola, consiste numa mistura de materiais minerais e orgânicos presentes na superfície da terra, que serve de ambiente para o crescimento das plantas; ainda vista como um fator de produção, possui duas características básicas que revelam seu valor agrônomo: fertilidade e produtividade (RIBEIRO et al., 2007)

A matéria orgânica presente no solo é responsável pelo fácil manuseio do solo, dando maciez ao mesmo. Segundo Brady (1989), representa um acervo de resíduos animais e vegetais parcialmente decompostos e sintetizados, em contínua decomposição, resultante do trabalho de microorganismos do solo.

Os macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre são absorvidos pelas plantas em quantidades que oneram a capacidade da maioria dos solos, porém, para atender a esta necessidade das plantas, adiciona-se fertilizantes com estes macronutrientes (BRADY, 1989). Os mais importantes e utilizados pelas plantas, os quais influenciam diretamente na produtividade, são fósforo, potássio e nitrogênio.

O preparo do solo é uma operação usada na busca por elevar a produtividade, caracterizado pelo uso de determinados equipamentos adaptados às condições de cada tipo de solo e também pelo manejo de resíduos, assim estas operações podem produzir como resultado melhorias na qualidade produtiva do mesmo. E tem como objetivo favorecer o desenvolvimento da cultura melhorando a capacidade de absorção e retenção de água, controlar plantas invasoras, melhorar a atividade biológica e aerar o solo (ZERBINATI, 2010).

Os efeitos nocivos da compactação são mais visíveis quando ocorre um período de déficit hídrico, que, dependendo da formação e manejo do solo, pode ser mais ou menos intenso num determinado tempo (OLIBONE, 1977).

Estudos feitos por Santos (2007), comparando áreas de mata, horticultura e pastagem, evidenciaram que a escolha de práticas agrícolas convencionais pode influir significativamente nas propriedades do solo. O preparo do solo influencia diretamente a produtividade das plantas; este preparo visa a facilitar o plantio, garantir um melhor desenvolvimento das raízes, eliminar ervas daninhas e incorporá-las aos restos culturais, e isto depende da exploração da área, do nível tecnológico a ser empregado, da quantidade de restos culturais e das características de solo e da cultura a ser plantada.

Segundo Streck et al. (2007), uma avaliação de desenvolvimento das culturas agrícolas em diferentes épocas de semeadura é importante, pois permite verificar a adaptação da cultura e as práticas de manejo mais adequadas.

### 2.3 NITROGÊNIO

O nitrogênio é um elemento essencial para o processo de crescimento da planta, na clorofila e atividade de muitas enzimas, estimula a raiz da planta na captação de nutrientes, estimula o crescimento da planta.

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 há<sup>-1</sup> de nitrogênio por ano (PRIMAVESI, 2002).

Os fatores mais importantes na absorção do nitrogênio são temperatura, água e oxigênio, pois quanto maior a temperatura mais rápida é a absorção, até o momento em que a água se torne o fator limitante. Primavesi (2002) coloca que o nitrogênio é o elemento a faltar primeiro em épocas de seca, sua absorção é prejudicada, necessitando de uma adubação maior para contrabalancear a sua deficiência.

A deficiência de nitrogênio reduz a produtividade da canola, no entanto doses excessivas alongam a fase vegetativa, podendo aumentar a susceptibilidade a patógenos, diminuir o teor de óleo e promover a queima das folhas. A resposta à fertilização fosfatada é influenciada pelo desenvolvimento radicular da planta, método de aplicação, teor de fósforo no solo, tipo de solo, seu conteúdo de umidade e sua temperatura.

De acordo com Coedeiro et al. (1999), a canola é uma planta muito exigente em nutrientes, de maneira geral, requer mais nitrogênio que a maioria das culturas, além de ser eficiente na utilização de fósforo do solo. Por serem plantas da mesma família (Brassicaceae), é provável que o crambe também o seja.

Os fertilizantes são insumos de maior peso para a maioria das plantas cultivadas e seu uso eficiente é fundamental para garantir boas produtividades e rentabilidade. As informações sobre adubação em crambe ainda são pouco conhecidas na Região Sul.

Segundo Souza et al. (2009), a planta absorve grandes quantidades de N, o que pode ser justificado por seu elevado teor de proteína nos grãos. No entanto, são limitadas as informações sobre o potássio, cujo desbalanceamento pode comprometer a absorção e a dinâmica dos demais elementos.

Para Drury et al. (2003), Apud Bredemeier et. al (2013), estimar a quantidade de Nitrogênio suprida pelo solo é pouco eficiente, sendo que muitos fatores estão envolvidos no processo de mineralização do N orgânico. Contudo, definir uma expectativa do rendimento de algumas culturas é muito complexo, pois o potencial produtivo varia em decorrência das condições meteorológicas de cada ano específico e que geralmente se opta por aplicar maiores doses de N em cobertura para garantir elevados rendimentos (POLETTI, 2004).

Neste sentido, Bredemeier et al. (2013), ressaltam que as reais necessidades da planta não são supridas e que em muitas situações ocorre a aplicação de doses de N acima ou abaixo da exigida, e que, dessa maneira, é importante o uso de ferramentas que estimem o

potencial produtivo da lavoura, determinando uma resposta real e precisa, visando a aperfeiçoar a aplicação do Nitrogênio.

## 2.4 FÓSFORO

O fósforo, um macronutriente com baixa disponibilidade no solo, deve ser aplicado na forma de fertilizantes para a maioria das culturas, sendo que o conhecimento da absorção do fósforo no solo pela planta e de fertilizante é de grande importância para o melhoramento da adubação fosfatada.

As limitações na produção agrícola em solos ácidos das regiões tropicais e subtropicais estão associadas também à baixa disponibilidade de fósforo no solo. Além da baixa quantidade de ocorrência, as formas minerais disponíveis apresentam baixa solubilidade, exigindo a aplicação de adubos fosfatados para suprir as necessidades das plantas (NOVAIS et al., 1999).

O fósforo, segundo Brady (1989), é um componente essencial do ácido deoxirribonucleico (DNA), a base da herança genética nos vegetais, como também nos animais e diversas formas, necessário à síntese das proteínas.

O fósforo participa na divisão das células e na formação da gordura e albumina, na floração, frutificação e formação da semente, no desenvolvimento da raiz, radículas laterais e fibrosas, no fortalecimento da palha nas culturas de cereais, na maturação das culturas (BRADY, 1989).

Segundo Primavesi (2002), a fixação do fósforo é um dos maiores problemas da agricultura tropical. Sem fósforo não existe crescimento vegetal, pois é o responsável pela transferência de energia na síntese de substâncias orgânicas. Em todos os solos brasileiros a adubação fosfatada leva ao aumento da produção.

A adubação fosfatada em quantidades adequadas para a planta estimula o desenvolvimento radicular, garante uma arrancada vigorosa, apressa a maturação fisiológica, estimula o florescimento, ajuda a formação das sementes, aumenta a resistência dos cereais ao frio e também aumenta a produtividade (MALAVOLTA, 1989).

Segundo Ramos et al. (2005), o manejo da adubação fosfatada é de grande importância para a obtenção de óleo de melhor qualidade, garantindo ao produtor maior ganho em qualidade.

Pesquisas realizadas por Junior et al. (2009), em mamona, observaram um aumento do teor de óleo nas respostas de aumento nas doses de fósforo, e com isso, é possível que o maior suprimento deste nutriente seja uma prática viável para que se tenha uma maior obtenção de óleo em oleaginosas.

O fósforo é um elemento essencial para a planta no sentido de que satisfaz os critérios da essencialidade, diretamente por participar de compostos e reações vitais para as plantas, e indireto porque na sua ausência a planta não completa seu ciclo de vida, não podendo ser substituído por outros. Juntamente com o nitrogênio, é o elemento mais prontamente redistribuído e, segundo Malavolta et al. (1997), o fósforo tem função energética na síntese protéica, disponibilizando energia para realizar seu metabolismo, armazenada na forma de ADP, ATP.

A adubação fosfatada parece não estar associada à germinação das sementes, como sugere Nakagawa (2001), em sementes de aveia. No entanto, Rogério et al. (2012a) ressaltam que doses mais elevadas do nutriente podem estar associadas a qualidades fisiológicas das sementes, devido ao papel do elemento no metabolismo das plantas, deixando-a melhor nutrida, favorecendo seus processos metabólicos, resultando, assim, numa germinação mais uniforme e vigorosas.

Uma fertilização adequada das plantas favorece seu desenvolvimento, fornecendo condições para que as plântulas possam se desenvolver, gerando plantas saudáveis, e resultando em um número maior na área. Esse efeito geralmente está demonstrado quando é utilizada uma aplicação de doses elevadas de adubação fosfatada (ROGÉRIO et al., 2012).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA NO CAMPO

O presente estudo foi conduzido através de dois experimentos no campo em uma propriedade rural no lote nº 290, Gleba B, do imóvel Silva Jardim, na linha Belão, no município de Serranópolis do Iguaçu, estado do Paraná. Este município está localizado no extremo oeste do Estado do Paraná, situado a 54° 02' 19'' de longitude oeste e 25° 24' 51'' latitude sul, e a 300 metros de altitude em relação ao mar. O clima local, segundo Koeppen, é considerado Cfa (clima subtropical), com temperatura no verão superior a 22 °C e no inverno inferior a 18 °C; a precipitação média anual superior a 1800 mm, sem estação seca definida, com possibilidade de geadas durante o inverno.

A área de estudo foi cultivada há aproximadamente 15 anos, em sistema de plantio direto com rotação de culturas, no verão soja e milho no inverno.

Na área experimental, foram coletadas amostras de solo antes da semeadura da cultura do crambe, e realizada análise para eventual correção da fertilidade e acidez nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, as quais foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas, peneiradas e caracterizadas quanto aos aspectos físico-químicos, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho férrico (Lvef), de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), cujas características físicas e químicas de amostras coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm e a de 20 a 40 cm estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Características físicas e químicas das amostras de solo das camadas superficial (0 - 20 cm) e subsuperficial (20- 40 cm)

Atributos Físicos	Profundidades	
	0 – 20 cm	20 – 40 cm
Argila (g/kg)	730	770
Silte (g/kg)	160	120
Areia (g/kg)	110	110
Atributos Químicos		
pH em H <sub>2</sub> O	5,30	5,60
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> )	0,22	0,08
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> )	5,87	4,39
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> )	2,82	2,21
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> )	4,28	3,42
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> )	0,0	0,0
SB (cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> )	8,91	6,68
T (cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> )	13,19	10,10
V <sub>1</sub> (%)	67,55	66,14
P (mg/dm <sup>3</sup> )	18,80	1,90
C (g/dm <sup>3</sup> )	17,92	7,79
S – (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	6,67	3,74
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	8,19	10,68
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	32,00	55,00
B (mg/dm <sup>3</sup> )	0,49	0,30
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	1,36	1,00
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	112,00	48,00

Os dados de pluviosidade e de temperaturas máximas e mínimas registrados durante o período dos experimentos podem ser observados na Figura 2.

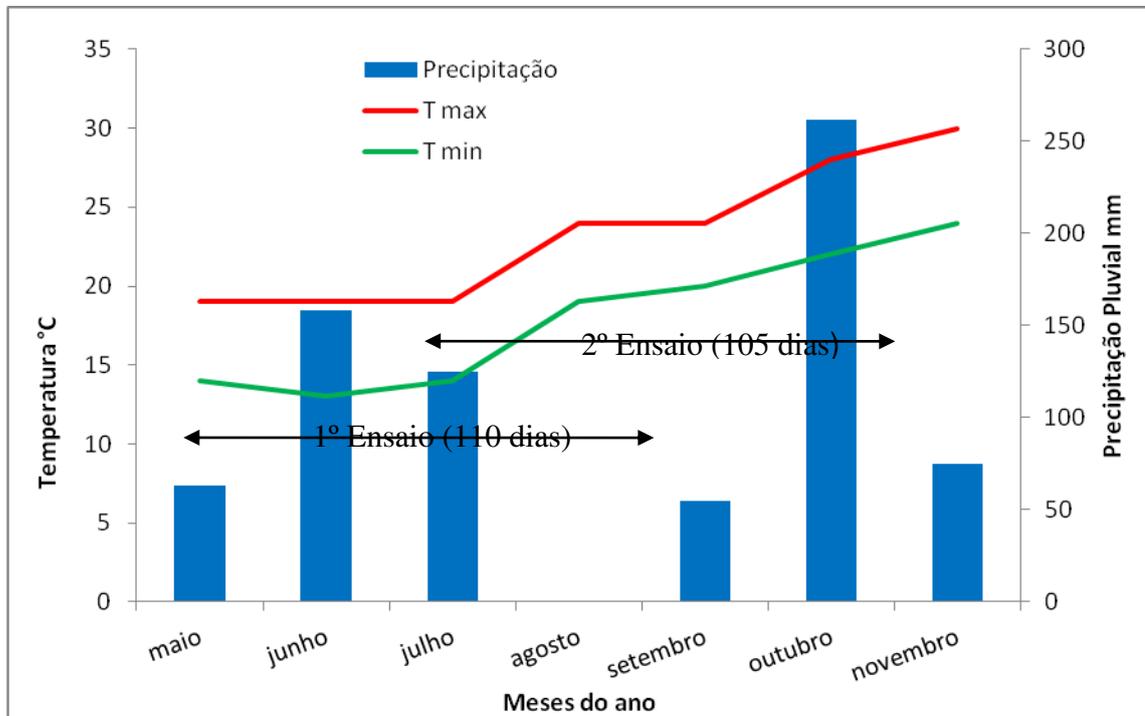


Figura 2 - Características do clima no período de maio a novembro de 2012. (Fonte de dados Cooperativa Lar).

Em relação aos dados climatológicos durante o período experimental do plantio do crambe, as temperaturas mínima e máxima, foram de 18°C e 23°C, respectivamente; o índice pluviométrico médio durante os meses do experimento foi de 105,4 mm, sendo outubro o mês mais chuvoso com 262 mm de chuvas durante os 31 dias e o menos chuvoso foi o mês de agosto com 0 mm (Cooperativa Lar, 2012); foi um ano atípico, pois geralmente se tem chuvas no mês de agosto, sendo que o índice pluviométrico médio é de 1880mm/ano.

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, num total de três, separados por dois metros, no esquema fatorial 5 x 5, sendo o primeiro fator constituído de

cinco doses de nitrogênio (0; 30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>), e o segundo por cinco doses de fósforo (0; 50; 75; 100; 125 kg ha<sup>-1</sup>), com três repetições.

A área de cada parcela foi de 5 metros de comprimento e 4 metros de largura (20 m<sup>2</sup>) com um espaçamento de um metro entre as parcelas, para evitar eventuais contaminações entre os tratamentos e facilitar a identificação foram espaçados 1 m de largura entre as faixas e manutenção de bordaduras ao redor de toda a área do experimento, sendo as linhas de plantio espaçadas por 0,40 m, sendo que a primeira linha de plantio foi a partir de 0,20 m da extremidade da parcela (Figura 2). Durante todo o experimento não houve necessidade de realizar tratos culturais, como capinas e aplicação de defensivos.

**BLOCO 1**

Largura 4m

Comprimento 5 m

c 1: t 5 20m <sup>2</sup>	c 6: t 19 20m <sup>2</sup>	c 11: t 21 20m <sup>2</sup>	c 16: t 3 20m <sup>2</sup>	c 21: t 11 20m <sup>2</sup>
c 2: t 6 20m <sup>2</sup>	c 7: t 1 20m <sup>2</sup>	c 12: t 17 20m <sup>2</sup>	c 17: t 23 20m <sup>2</sup>	c 22: t 15 20m <sup>2</sup>
c 3: t 12 20m <sup>2</sup>	c 8: t 22 20m <sup>2</sup>	c 13: t 10 20m <sup>2</sup>	c 18: t 13 20m <sup>2</sup>	c 23: t 4 20m <sup>2</sup>
c 4: t 8 20m <sup>2</sup>	c 9: t 18 20m <sup>2</sup>	c 14: t 9 20m <sup>2</sup>	c 19: t 20 20m <sup>2</sup>	c 24: t 2 20m <sup>2</sup>
c 5: t 24 20m <sup>2</sup>	c 10: t 16 20m <sup>2</sup>	c 15: t 25 20m <sup>2</sup>	c 20: t 7 20m <sup>2</sup>	c 25: t 14 20m <sup>2</sup>

Distância de 1m entre as parcelas  
Distância de 2m de um bloco para outro

**BLOCO 2**

c 1: t 22 20m <sup>2</sup>	c 6: t 10 20m <sup>2</sup>	c 11: t 4 20m <sup>2</sup>	c 16: t 9 20m <sup>2</sup>	c 21: t 13 20m <sup>2</sup>
c 2: t 18 20m <sup>2</sup>	c 7: t 1 20m <sup>2</sup>	c 12: t 21 20m <sup>2</sup>	c 17: t 15 20m <sup>2</sup>	c 22: t 5 20m <sup>2</sup>
c 3: t 14 20m <sup>2</sup>	c 8: t 6 20m <sup>2</sup>	c 13: t 17 20m <sup>2</sup>	c 18: t 3 20m <sup>2</sup>	c 23: t 25 20m <sup>2</sup>
c 4: t 23 20m <sup>2</sup>	c 9: t 11 20m <sup>2</sup>	c 14: t 2 20m <sup>2</sup>	c 19: t 20 20m <sup>2</sup>	c 24: t 16 20m <sup>2</sup>
c 5: t 12 20m <sup>2</sup>	c 10: t 7 20m <sup>2</sup>	c 15: t 24 20m <sup>2</sup>	c 20: t 19 20m <sup>2</sup>	c 25: t 8 20m <sup>2</sup>

**BLOCO 3**

c 1: t 25 20m <sup>2</sup>	c 6: t 1 20m <sup>2</sup>	c 11: t 19 20m <sup>2</sup>	c 16: t 13 20m <sup>2</sup>	c 21: t 6 20m <sup>2</sup>
c 2: t 9 20m <sup>2</sup>	c 7: t 5 20m <sup>2</sup>	c 12: t 2 20m <sup>2</sup>	c 17: t 22 20m <sup>2</sup>	c 22: t 17 20m <sup>2</sup>
c 3: t 20 20m <sup>2</sup>	c 8: t 16 20m <sup>2</sup>	c 13: t 12 20m <sup>2</sup>	c 18: t 24 20m <sup>2</sup>	c 23: t 8 20m <sup>2</sup>
c 4: t 10 20m <sup>2</sup>	c 9: t 21 20m <sup>2</sup>	c 14: t 18 20m <sup>2</sup>	c 19: t 4 20m <sup>2</sup>	c 24: t 15 20m <sup>2</sup>
c 5: t 3 20m <sup>2</sup>	c 10: t 14 20m <sup>2</sup>	c 15: t 7 20m <sup>2</sup>	c 20: t 23 20m <sup>2</sup>	c 25: t 11 20m <sup>2</sup>

Figura 3 - Croqui do experimento no campo.

Realizou-se a pesquisa em duas etapas de plantio do crambe: o primeiro realizado no mês de maio (mês indicado para o plantio da cultura) e, o segundo, no mês de Julho (após a safrinha de milho), ambos no ano 2012.

Antes do plantio, tanto para o plantio de maio como para o plantio do mês de julho, o solo foi adubado com potássio, na recomendação de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ , com os tratamentos de fósforo e com a metade da dose dos tratamentos de nitrogênio nas linhas onde foi plantado o crambe; a outra metade da dose de nitrogênio foi aplicada em cobertura aos trinta dias após a emergência, utilizando como fonte de N a uréia (45 % de N). As fontes de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  foram superfosfato simples (18 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e cloreto de potássio (60% de  $\text{K}_2\text{O}$ ), respectivamente.

As sementes de crambe cultivar FMS Brilhante foram disponibilizadas pela na Fundação Mato Grosso do Sul – FMS.

A primeira semeadura, realizada manualmente, foi feita no dia 22 de maio de 2012, e a colheita das parcelas no dia 8 de setembro de 2012, totalizando 110 dias de ciclo. A segunda semeadura foi realizada no dia 26 de julho de 2012, e a colheita no dia 7 de novembro de 2012, totalizando 105 dias de ciclo.

A colheita foi realizada manualmente, considerando as faixas de bordadura de 1 m a área útil de coleta foi de  $6 \text{ m}^2$  (2 m X 3m).

Após a colheita do material cada tratamento foi separado em sacos plásticos e identificado, ainda com impurezas como pequenas folhas, para posterior transporte até o IAPAR de Palotina - PR, onde o material de cada parcela foi trilhado separadamente em uma bateadeira de cereais, utilizando-se tração a trator. Após a trilha, cada parcela foi guardada em recipientes de plástico, devidamente identificados, parcela e o tratamento, para posteriores análises.

### 3.3 COLETA DE DADOS

- 1) Altura de plantas: foi determinada no momento da colheita, quando foram medidas dez plantas ao acaso dentro de cada parcela, com régua graduada: as distâncias entre o nível do solo até o ápice de cada planta.

- 2) Número de ramificações por planta: O número de ramificações por planta foi determinado na colheita, contando-se o número de ramificações (principais de cada planta) de dez plantas, tomadas ao acaso.
- 3) Número de síliquas por planta: O número de síliquas por planta foi determinado na colheita; de cada área útil da parcela tirou-se uma média do número de síliquas por planta, contadas as síliquas de dez plantas escolhidas ao acaso.
- 4) Produtividade: A produtividade foi medida após a trilha e limpeza dos grãos, feita por peneiras de diferentes malhas das plantas colhidas dentro da área útil de cada parcela, representada por 2 metros de largura por 3 metros de comprimento, em cada parcela. A massa foi determinada em balança de precisão com duas casas decimais, com os valores expressos de  $\text{kg ha}^{-1}$ , corrigindo-se o grau de umidade para 13%.
- 5) Massa de 1000 grãos: Após as medidas da produtividade e da massa específica foi efetuada a contagem de 8 sub-amostras de 100 grãos por parcela. As amostras foram pesadas em balança de precisão com três casas decimais, corrigindo-se o grau de umidade para 13%. A massa de 1000 grãos foi determinada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1992), em parceria com o Laboratório de Sementes da Cooperativa Lar, ou seja, foi extrapolada a partir da média encontrada com a massa de 800 grãos por parcela.
- 6) Massa seca de plantas: na fase de florescimento foram amostradas 3 plantas por parcela e estas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a  $65^{\circ}\text{C}$  por 72 horas e pesadas em balança de precisão com três casas decimais, para a determinação da massa seca por planta. Estas plantas foram colhidas 70 dias após a semeadura (DAS) (02 de agosto de 2012) para o plantio de maio e 36 DAS (02 de setembro de 2012) para o plantio de julho.
- 7) Nitrogênio (N) Fósforo (P) e Potássio (K) no tecido foliar: As amostragens foram realizadas aos 77 e 38 DAS para o plantio de maio e de julho respectivamente, na emissão da inflorescência da planta. De 30 plantas, colhidas aleatoriamente em cada parcela, foi coletada a terceira folha do ápice para a base. A análise de nitrogênio foliar foi feita no Laboratório de Análises SOLANALISES, de acordo com a metodologia citada por Malavolta et. al. (1997)
- 8) Teor de N e proteína nos grãos do crambe: Os grãos foram macerados em cadinho de porcelana. Em seguida foi feita a digestão sulfúrica (MALAVOLTA et al., 1997) determinada pelo método Kejldahl, descrito pela AOAC (1985) e Cai e Chang (1998).

Para medir o teor de proteína no grão, foi feita uma conversão nos dados de N multiplicando-os por 6,25 no Laboratório de Análises da LANALI.

- 9) Teor de óleo nos grãos do crambe: A determinação do teor de óleo foi realizada no Laboratório LANALI - Análises de Alimentos, de acordo com BRASIL (1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e os resultados analisados pelo uso da regressão empregando-se o Programa de Análise Estatística - SISVAR (FERREIRA, 2009).

## 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados serão apresentados e discutidos, separadamente, para as duas épocas de plantio.

### 4.1 PRIMEIRO PLANTIO (MAIO/2012)

Nitrogênio (N) é considerado um elemento essencial para as plantas, porque faz parte da composição das mais importantes biomoléculas, tais como o ATP, NADH, NADPH, clorofila, muitas proteínas e enzimas (MIFLIN; LEA, 1976; HARPER, 1994). Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é frequentemente um fator limitante, que influencia o crescimento das plantas mais do que qualquer outro nutriente. Fósforo (P), aplicado em quantidades adequadas, estimula o desenvolvimento das raízes, acelera a maturação fisiológica, incita o florescimento e a formação de sementes, e aumenta a resistência ao frio e produtividade (MALAVOLTA et al., 1997).

No entanto, a adubação nitrogenada, da mesma maneira que a fosfatada, não teve efeito significativo sobre a altura da planta (Tabela 2), corroborando Freitas (2010), citado por Oliveira et al. (2013), que não encontraram resposta ao nitrogênio para altura de planta, quando este nutriente foi aplicado em cobertura. Ao contrário do que foi observado por Vechiatto e Fernandes (2011), os quais observaram que a adubação nitrogenada influenciou no desenvolvimento das plantas de crambe.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para a altura da planta (AP), número de ramificações (NR) e massa seca de plantas (MSP) em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de crambe.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado Médio		
		AP	NR	MSP
Bloco	2	0,029**	13,49**	26,96 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	0,003 <sup>ns</sup>	8,09**	129,72**
Linear	1	0,0001 <sup>ns</sup>	28,69**	358,18 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,0032 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	128,43**
Fósforo (P)	4	0,011 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	7,54 <sup>ns</sup>
N x P	16	0,004*	0,66 <sup>ns</sup>	13,68 <sup>ns</sup>
N dentro de P 1				
Linear	1	0,019**	6,72 <sup>ns</sup>	104,87 <sup>ns</sup>
N dentro de P 5				
Linear	1	0,0145**	2,03 <sup>ns</sup>	46,00 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,0117*	0,009 <sup>ns</sup>	10,47 <sup>ns</sup>
P dentro de N 1				
Quadrático	1	0,022**	0,77 <sup>ns</sup>	11,56 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,002	0,55	17,25
CV(%)		3,67	7,96	26,81
Média Geral		1,17 m	9,37	15,49 g

\*, \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidade do erro, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

A interação de nitrogênio com fósforo influenciou significativamente, ao nível de 5 %, a altura das plantas de crambe (Tabela 2), cujos diferentes resultados entre os tratamentos são apresentados nas Figuras 4 e 5. Pode-se observar no desdobramento que a altura de planta variou devido às doses de nitrogênio de forma linear (1% de significância) e de forma quadrática (5% de significância) sem adubação fosfatada e com 125 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente (Figura 4).

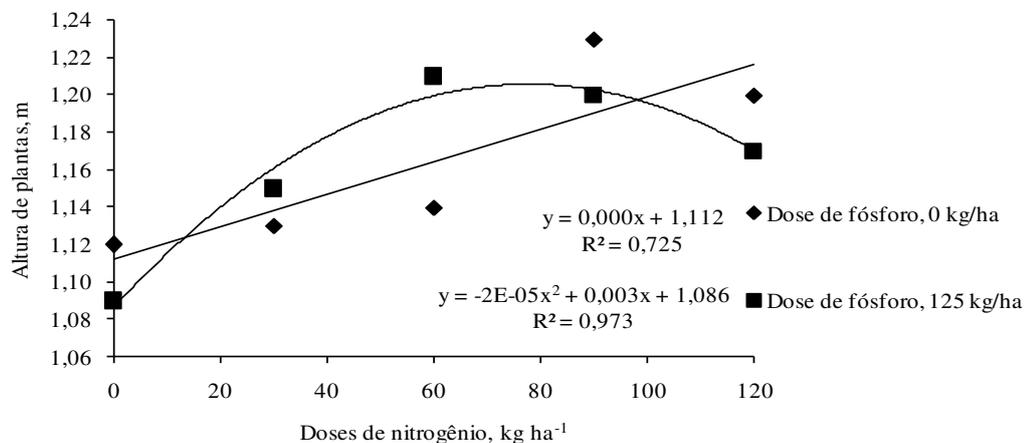


Figura 4 - Altura de plantas de Crambe em decorrência da interação das doses de nitrogênio com doses 1(0 kg ha<sup>-1</sup>) e 5 (125 kg ha<sup>-1</sup>) de fósforo.

O coeficiente de determinação da equação quadrática na Figura 5 ficou em 0,485, mostrando uma baixa relação entre a altura de plantas e as doses crescentes de fósforo (P) nas parcelas que não receberam adubação nitrogenada. No entanto, pode-se observar que com até aproximadamente 60 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo houve um aumento na altura das plantas (AP); a partir deste tratamento houve uma relação inversa entre as doses de fósforo e a altura das plantas.

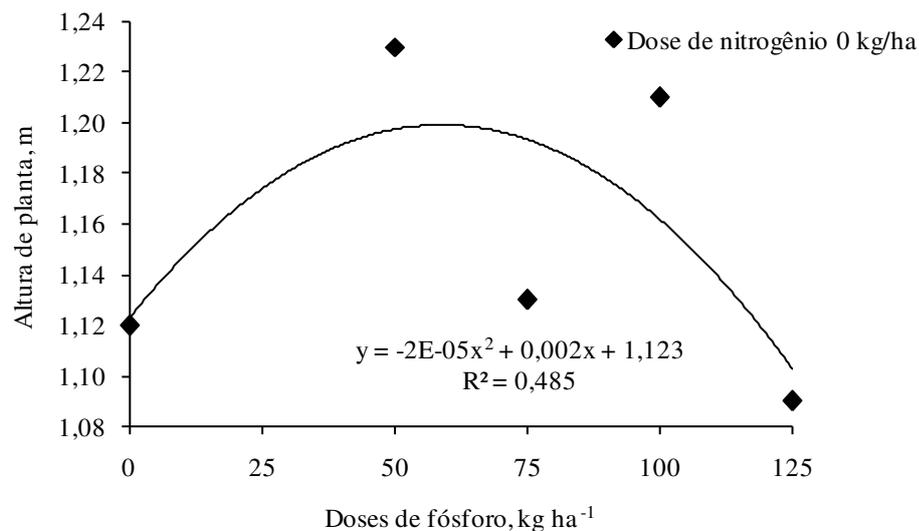


Figura 5 - Altura das plantas em decorrência da interação das doses de fósforo com a dose com doses 1 (0 kg ha<sup>-1</sup>) e 5 (125 kg ha<sup>-1</sup>) de fósforo.

O número de ramificações e a produção de matéria seca foram significativamente influenciados pela aplicação de nitrogênio (Tabela 2), corroborando com Vechiatto e Fernandes (2011), que observaram diferença significativa entre as doses de nitrogênio (N) (0, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em crambe. Segundo os autores, isso demonstra a importância da aplicação de N na produção de matéria seca, proporcionando aumento da matéria orgânica do solo.

O comportamento do número de ramificações devido às doses de nitrogênio aplicadas no plantio de crambe é apresentado na Figura 6, ou seja, o número de ramificações aumentou com doses crescentes de nitrogênio.

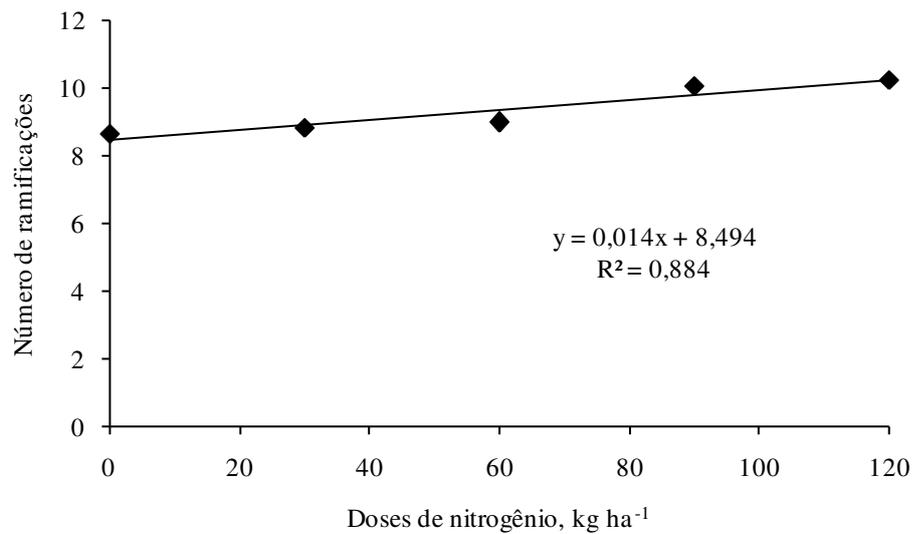


Figura 6 - Número de ramificação em decorrência das doses de nitrogênio.

Da mesma forma, a massa seca das plantas aumentou devido às doses de nitrogênio (Figura 7). Embora os resultados de matéria seca observada por Soratto et al. (2013) (2,7 a 4,2 g / planta) foram inferiores aos encontrados no presente estudo (de 11,03 a 18,97 g/planta sem N e com 90 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), o seu comportamento foi semelhante, ou seja, adubação com NP aumentou a matéria seca das plantas crambe.

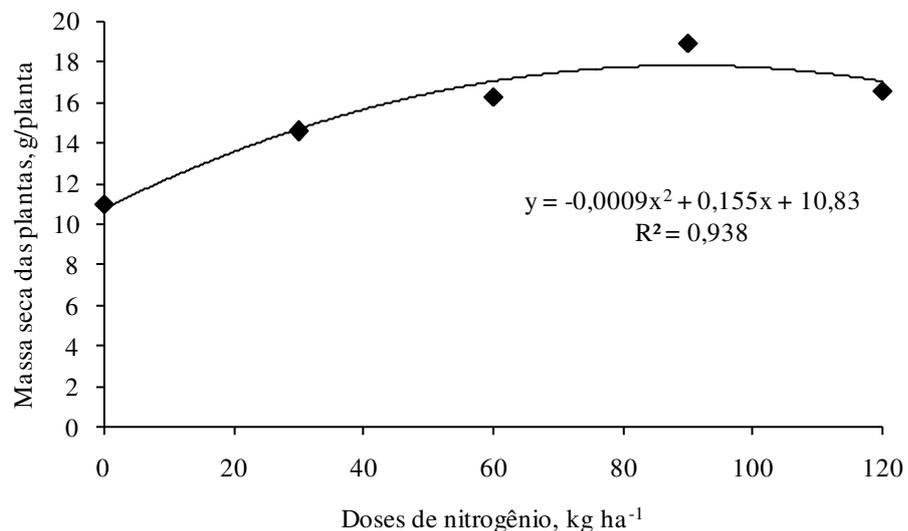


Figura 7 - Massa seca das plantas em decorrência das doses de nitrogênio.

Usando a equação de regressão em função de doses de nitrogênio calculou-se a massa seca máxima da cultura que foi de 17,50 g/planta o que corresponde 11.812,50 kg ha<sup>-1</sup> com dose de 86,11 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

O número de ramificações e a produção de matéria seca não foram afetados pela aplicação de fósforo, ao contrário do que foi observado por Rogério et al. (2012a), estes autores verificaram um aumento significativo na matéria seca devido às doses de fósforo.

O número de síliquas por planta de crambe foi também significativamente influenciado apenas pela adubação nitrogenada (Tabela 3), cujo comportamento pode ser visto na Figura 8.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para o número de síliquas (NS), massa de mil grãos (M1000G), produtividade (PROD), teores de lipídeos (LIPÍD), de nitrogênio (NITRO) e de proteína (PROT) nos grãos em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo para plantas de Crambe.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado Médio					
		NS	M1000G	PROD	LIPÍD.	NITRO	PROT
Bloco	2	202974,24**	0,161*	21904,69 <sup>ns</sup>	53,91 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	5,75 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	320485,12**	0,522**	547899,49**	7,96 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	4,50 <sup>ns</sup>
Linear	1	1098932,81**	1,96**	1217750,15**	2,41 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	4844,16 <sup>ns</sup>	0,070 <sup>ns</sup>	918244,15**	0,12 <sup>ns</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
Fósforo (P)	4	28593,91 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	10586,48 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	4,41 <sup>ns</sup>
N x P	16	43079,38 <sup>ns</sup>	0,019 <sup>ns</sup>	21672,11 <sup>ns</sup>	22,06 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	2,94 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	23916,13	0,036	17020,83	22,94	0,05	1,94
CV (%)		14,67	2,75	7,38	13,97	6,91	7,20
Média Geral		1054,19	6,89g	767,85 kg ha <sup>-1</sup>	34,28%	3,10%	19,36%

\*, \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidade do erro, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

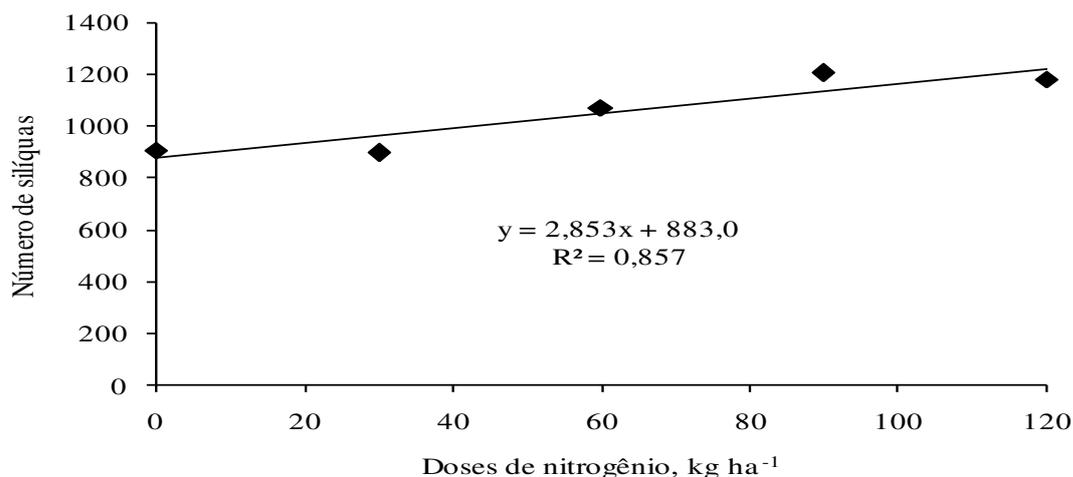


Figura 8 - Número de síliquas em decorrência das doses de nitrogênio.

A massa de 1000 grãos crambe foi significativamente reduzida por aplicação de N no sulco de sementeira, com valores que variam de 7,16 a 6,68 (Figura 9).

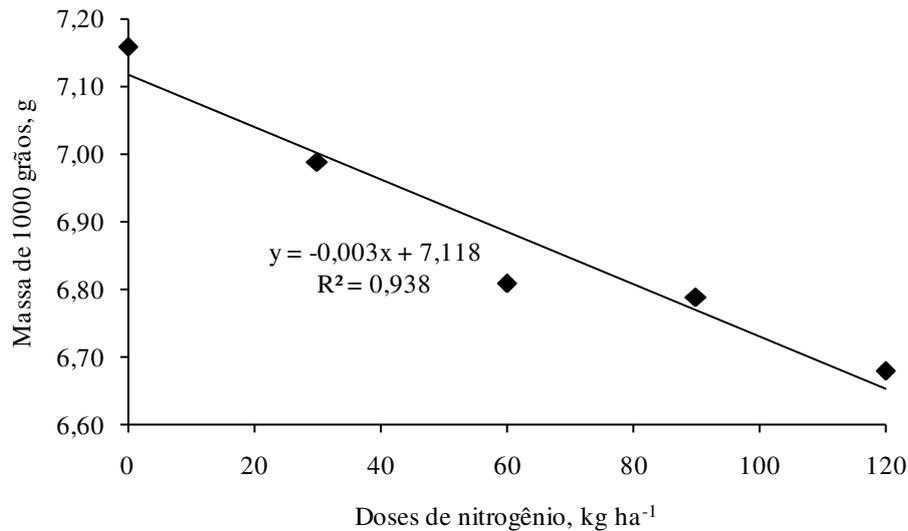


Figura 9 - Massa de mil grãos de crambe em decorrência das doses de nitrogênio.

A adubação fosfatada não influenciou significativamente na massa de mil grãos de crambe (Tabela 3), corroborando Freitas (2010), ao contrário do que foi observado para Falasca et al. (2010), Silva et al. (2011b) e Soratto et al. (2013) que obtiveram um aumento da massa de mil grãos de crambe pela aplicação de fósforo no sulco de semeadura. Os valores de 8,6 a 9,3g obtidos por Soratto et al. (2013) foram ligeiramente superiores aos observados neste estudo (6,84 - 6,94 g), mas dentro da faixa observada por Falasca et al. (2010) e Silva et al. (2011b), que se situam entre 6 e 10g e entre 6,3 e 7,7 g, respectivamente.

A produtividade dos grãos foi significativamente influenciada apenas pela adubação nitrogenada (Tabela 3), ajustando-se a uma regressão quadrática, aumentando com o aumento das doses de fertilizantes até aproximadamente 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Figura 10), corroborando com Pitol et al. (2010b). Estes autores observaram que a produtividade do crambe em relação às doses de nitrogênio, no município de Rio Verde, Estado de Goiás, atingiu, com aplicação de 35 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o resultado máximo de 1.361 kg ha<sup>-1</sup>. Usando a equação de regressão em função de doses de nitrogênio calculou-se a produtividade máxima da cultura que foi de 1934 kg ha<sup>-1</sup> com uma dose de 81 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

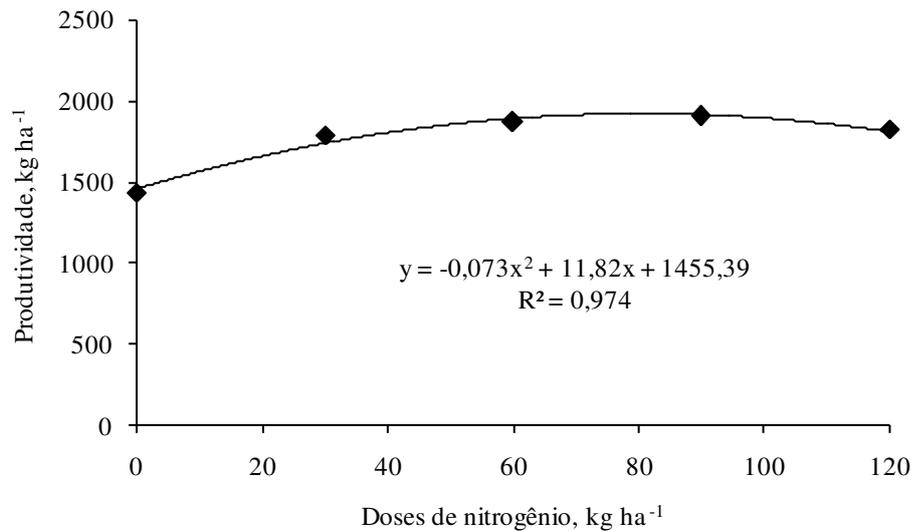


Figura 10 - Produtividade dos grãos de crambe em decorrência das doses de nitrogênio.

O aumento da produtividade sem o aumento da massa de 1000 grãos pode ser explicado pelo fato de que a aplicação de doses de nitrogênio contribui para um maior número de silíquas.

Apesar de o elemento fósforo ser essencial para aumentar a produtividade da planta, fazendo parte da estrutura de ATP (adenosina trifosfato), fonte de energia para as plantas (MALAVOLTA et al., 1997), o aumento das doses de fósforo não aumentou o rendimento de grãos (variação de 1,736 para 1,801 kg ha<sup>-1</sup>), corroborando Broch et al. (2010) e Pitol et al. (2010b). No entanto, Silva et al. (2011b), Rogério et al. (2012a) e Soratto et al. (2013) observaram um aumento no rendimento de grãos de crambe com a aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, de 0 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e aplicação de 0, 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, respectivamente.

Uma possível explicação para a falta de resposta à adubação de fósforo neste estudo está relacionada às características químicas de solo estudado que teve bom nível inicial de fertilidade, ou seja, solo eutrófico com o conteúdo inicial de fósforo (18,8 mg dm<sup>-3</sup>) acima do nível crítico para altos níveis de P em solos argilosos. Segundo estudos realizados pela Fundação MS, o crambe obtém resposta crescente à adubação com fósforo somente quando o solo possui baixos teores deste elemento (NERY et al., 2010).

Em plantas oleaginosas, o nitrogênio igualmente influencia a síntese de compostos de reservas de sementes, os níveis de proteína nos grãos e a produção de óleo (CASTRO et al. 1999). No entanto, neste estudo, os teores de proteína, de óleo e de nitrogênio de grãos não foram influenciados pela adubação nitrogenada (Tabela 3). Da mesma forma, Rogério et al.

(2012a) não observaram efeito significativo no teor de óleo dos grãos quando aplicado fósforo na semeadura de crambe.

No presente trabalho, a variação dos teores de óleo nos grãos foi de 33,60 a 35,22 % e de 33,91 a 34,51%, devido às doses de nitrogênio e de fósforo, respectivamente. Estes valores são semelhantes aos observados por Adamsen e Coffelt (2005) e Soratto et al. (2013), que observaram os teores de óleo de sementes de crambe variando de 33,8 a 39,5% e de 35,2 a 39,5% em um estudo no Arizona, EUA e São Paulo, Brasil, respectivamente. Os valores obtidos no presente trabalho foram inferiores aos observados por Souza et al. (2009), que encontraram teores de óleo de grãos em torno de 44,1% em amostras de grãos com casca do crambe cultivar FMS Brilhante nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A aplicação de doses crescentes de nitrogênio no plantio de crambe influenciou significativamente os teores de nitrogênio e de potássio foliar. A concentração de fósforo nas folhas de crambe não foi influenciada pela adubação nitrogenada; no entanto, esta concentração foi significativamente influenciada pela adubação fosfatada, a qual também influenciou os níveis de potássio foliar (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio (N Foliar), fósforo (P Foliar) e potássio foliar (K Foliar) em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de crambe.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio		
		N Foliar	P Foliar	K Foliar
Bloco	2	179,60*	12,38**	254,27**
Nitrogênio (N)	4	411,71**	1,21 <sup>ns</sup>	75,38*
Linear	1	1586,71**	0,97 <sup>ns</sup>	8,54 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	14,04 <sup>ns</sup>	2,93 <sup>ns</sup>	161,57*
Fósforo (P)	4	95,41 <sup>ns</sup>	10,54**	109,66**
Linear	1	165,89 <sup>ns</sup>	40,68**	10,07 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	180,35 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	414,52**
N x P	16	46,39 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	27,00 <sup>ns</sup>
Resíduo (S)	48	47,98	0,84	26,92
CV (%)		17,69	17,62	16,65
Média Geral		39,16 g/kg	5,19 g/kg	31,16 g/kg

\*, \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidade do erro, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Os teores de nitrogênio e potássio foliar em decorrência de diferentes doses de N são apresentados na Figura 11. Os dados foram ajustados a uma equação linear e quadrática, respectivamente, o que demonstra a importância da aplicação de nitrogênio no

desenvolvimento das folhas. Da mesma forma, os teores de potássio e fósforo foliar devido a diferentes doses de fósforo foram ajustados de uma equação quadrática e linear, respectivamente (Figura 11).

De modo geral, o experimento realizado no período de maio a setembro de 2012, teve um bom desenvolvimento como pode ser observado na Figura 11, pois as condições de clima foram normais de inverno na região.

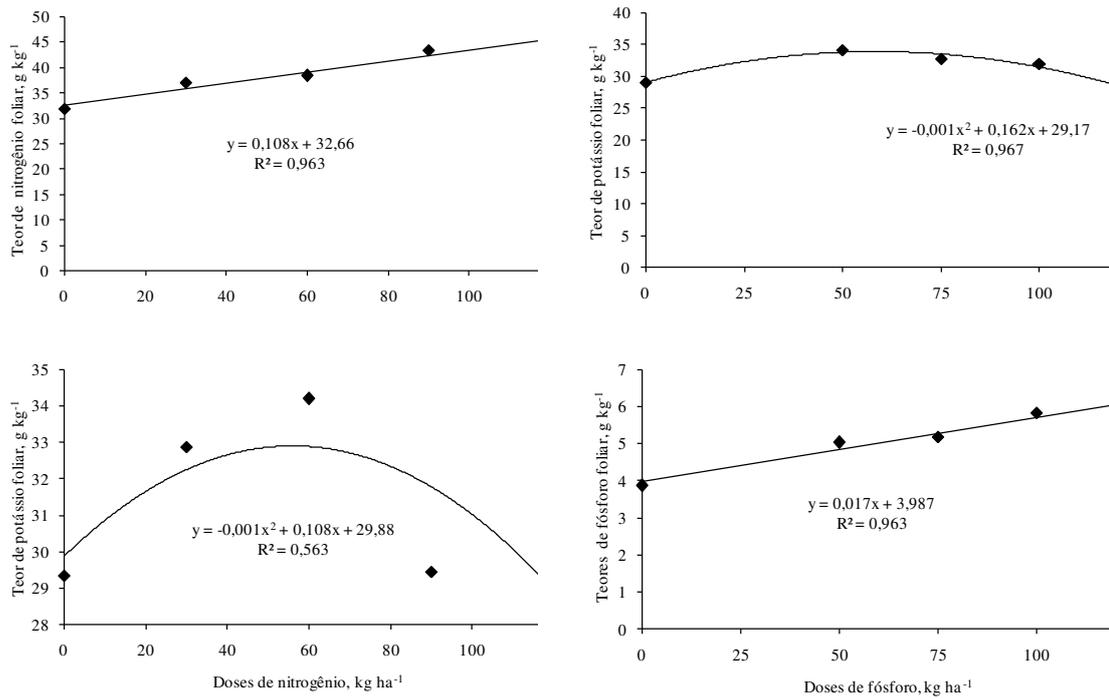


Figura 11 - Nitrogênio (A) e potássio (B) foliar em decorrência de nitrogênio e potássio (C) e fósforo (D) foliar devido às doses de fósforo.



Figura 12 - Preparo do solo, implantação e condução da cultura do crambe, no plantio realizado no mês de maio.

#### 4.2 SEGUNDO PLANTIO (JULHO/2012)

Conforme as características do crambe, a planta tolera bem a seca e o frio, e por isso é indicada para plantios de outono/inverno no Brasil (Fundação MS, 2013). Entretanto, para o segundo experimento realizado no período de julho a novembro de 2012, não teve um bom desenvolvimento, pois as condições de clima não foram normais na região; houve uma grande estiagem (nenhuma precipitação) no mês de agosto, período de desenvolvimento da planta, como se pode observar na Figura 13.



Figura 13 - Preparo do solo, implantação e condução da cultura do crambe, no plantio realizado no mês de julho.

Da mesma forma como se observou no primeiro plantio (maio/2012), a altura das plantas do crambe não apresentou diferença significativa quanto à adubação nitrogenada; entretanto, houve diferença significativa com a adubação fosfatada ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 5). Neste caso a altura das plantas foi explicada linearmente pelas doses crescentes de fósforo em apenas 58,8 % ( $R^2 = 0,588$ ), como se observa na Figura 14.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para a altura da planta (AP), número de ramificações (NR) e massa seca de plantas (MSP) em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de crambe.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		AP	NR	MSP
Bloco	2	0,008**	2,02*	1,03 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	0,002 <sup>ns</sup>	2,67**	7,96**
Linear	1	0,003 <sup>ns</sup>	8,17**	29,01**
Quadrático	1	0,002 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>
Fósforo (P)	4	0,006**	3,89**	0,45 <sup>ns</sup>
Linear	1	0,013**	3,24 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	0,002 <sup>ns</sup>	5,81**	0,016 <sup>ns</sup>
N x P	16	0,006**	0,85 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>
N dentro de P	2			
Linear	1	0,014**	6,35 <sup>ns</sup>	3,38 <sup>ns</sup>
N dentro de P	5			
Linear	1	0,0108**	4,03 <sup>ns</sup>	5,16 <sup>ns</sup>
P dentro de N	4			
Linear	1	0,035**	5,39 <sup>ns</sup>	3,12 <sup>ns</sup>
Resíduo (S)	48	0,002	0,47	1,57
CV (%)		8,34	10,07	16,22
Média geral		0,54 m	6,83	7,73g

\*, \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidade do erro, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

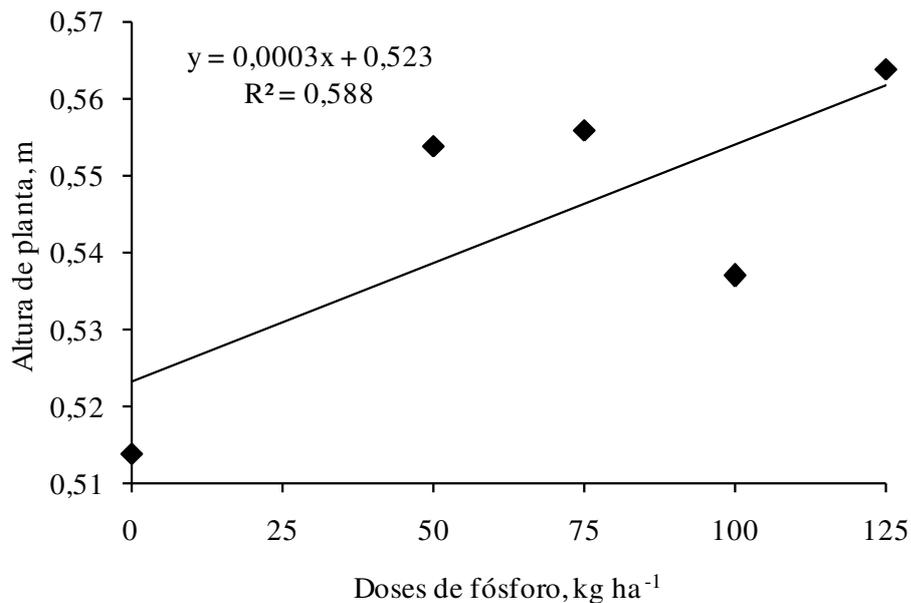


Figura 14 - Altura de plantas de crambe em decorrência das doses de fósforo.

A interação de nitrogênio com fósforo influenciou significativamente, ao nível de 1 %, a altura das plantas de crambe (Tabela 5) cujos diferentes resultados entre os tratamentos são apresentados nas Figuras 15 e 16.

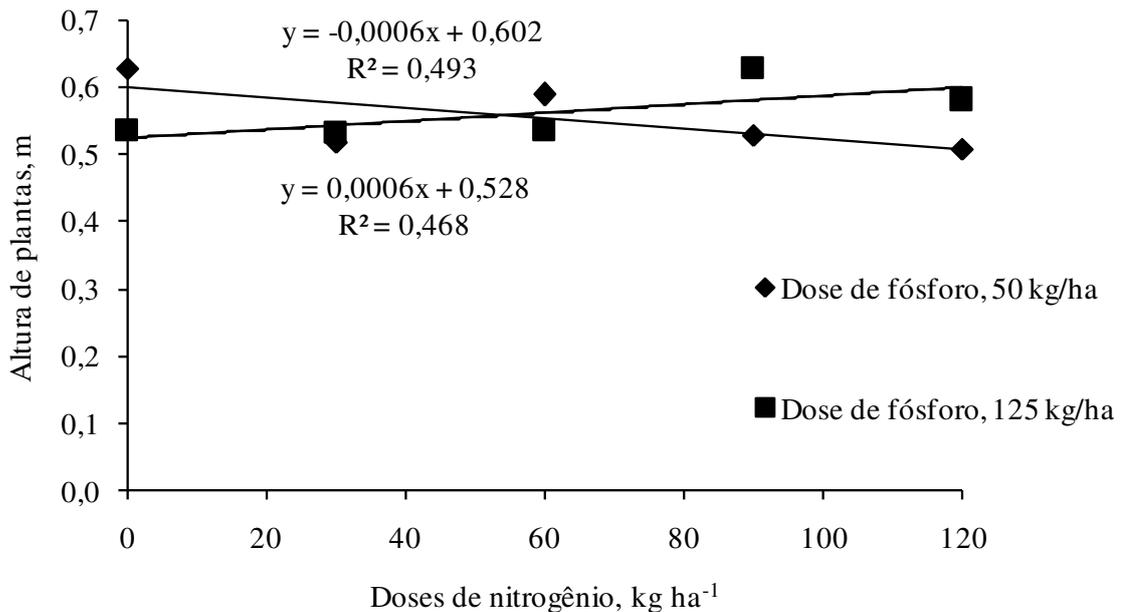


Figura 15 - Altura de plantas de crambe em decorrência da interação das doses de nitrogênio com doses 2 (50 kg ha<sup>-1</sup>) e 5 (125 kg ha<sup>-1</sup>) de fósforo.

Observa-se no desdobramento que a altura de planta variou devido às doses de nitrogênio de forma linear (1% de significância) com adubação de 50 e 125 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (Figura 15), entretanto, de forma decrescente e de forma crescente para as doses acima citadas, respectivamente.

Comparando os dados da Figura 15 aos resultados apresentados na Figura 4, observa-se que a altura das plantas no primeiro experimento (média em torno de 1,17 m) foi bem maior, praticamente o dobro que no segundo (média em torno de 0,54 m), corroborando Viana (2013), que encontrou altura de plantas de 111,92 cm e 65,04 cm na semeadura de junho e julho, respectivamente. Além disso, os coeficientes de determinação das equações na Figura 15 ficaram em torno de 0,493, mostrando uma baixa relação entre a altura de plantas e as doses crescentes de nitrogênio aplicadas nas parcelas que receberam adubação fosfatada.

A variação da altura de plantas de crambe que foram cultivadas com doses crescentes de fósforo e a dose 4 (90 kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio pode ser observada na Figura 15.

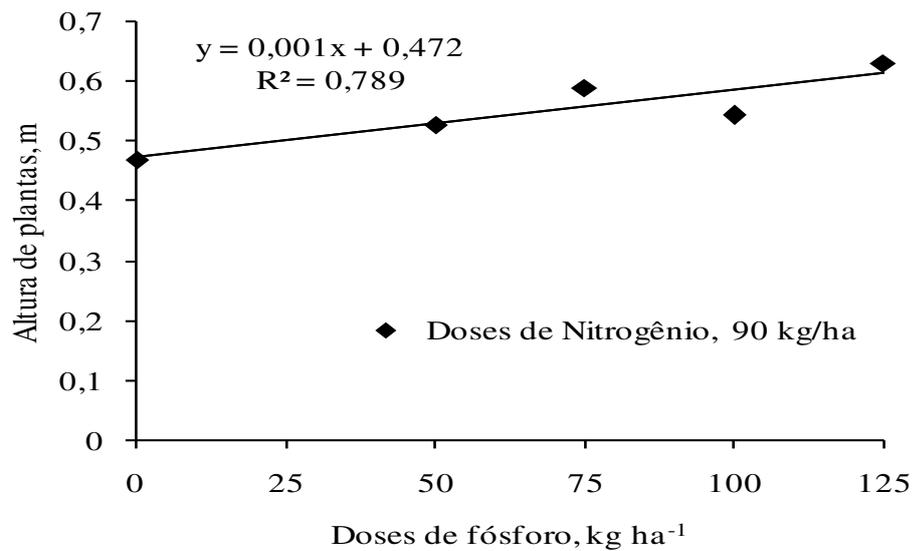


Figura 16 - Altura de plantas de crambe em decorrência da interação das doses de fósforo com a dose 4 (90 Kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio .

A altura das plantas em decorrência das doses de fósforo (figura 16), aumentou linearmente, diferente do que ocorreu no primeiro plantio (Figura 5), que aumentou aproximadamente até 70 kg ha<sup>-1</sup> e, depois dessa dose, diminuiu. Em alguns trabalhos, como o de Nakagawa et al. (2001) em aveia-preta, o comprimento da panícula do colmo principal foi crescente com aumento de doses de fósforo, obtendo-se um maior valor na dose mais elevada, concordando com os resultados observados para a altura da planta, no segundo plantio.

O número de ramificações foi significativamente influenciado, ao nível de 1%, pela aplicação de nitrogênio e de fósforo (Tabela 5), cujos comportamentos podem ser observados nas Figuras 17 e 18, respectivamente.

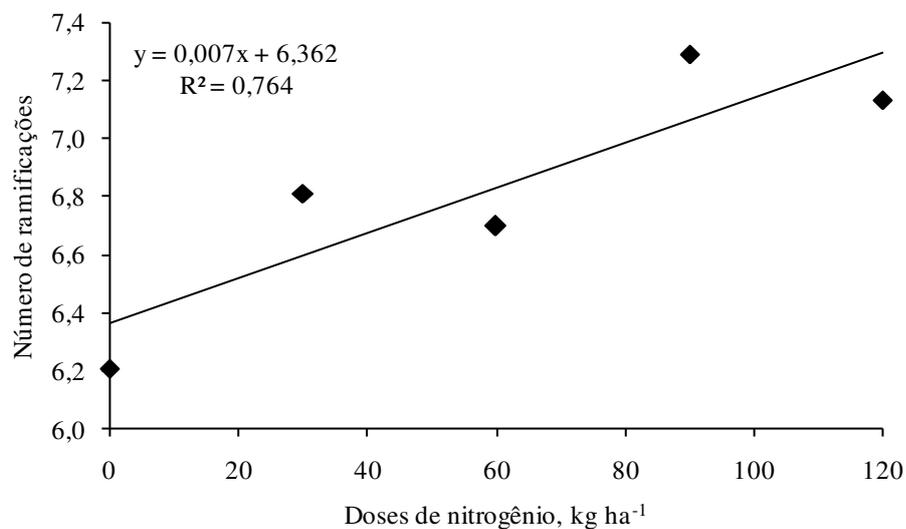


Figura 17 - Número de ramificação em decorrência das doses de nitrogênio

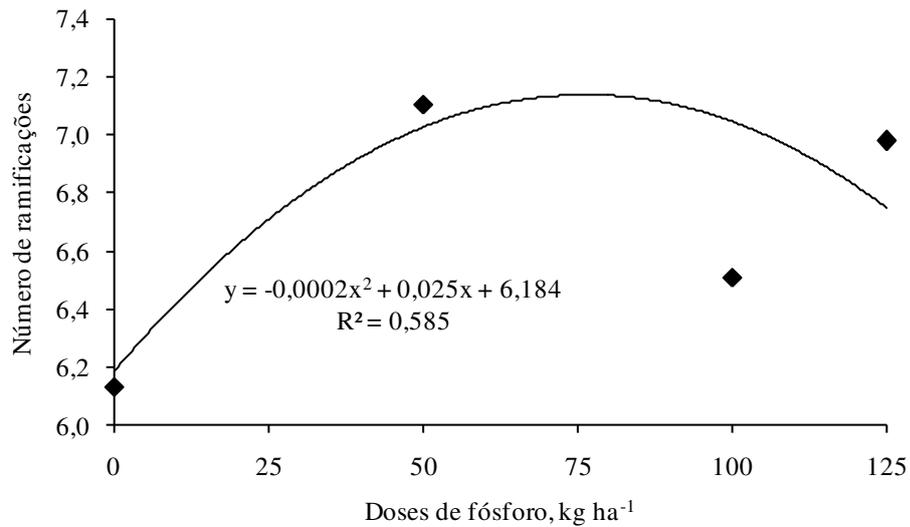


Figura 18 - Número de ramificação em decorrência das doses de fósforo.

As doses de nitrogênio aplicadas no plantio do crambe influenciaram significativamente, ao nível de 1 %, na produção de matéria seca (Tabela 5), cujos resultados entre os tratamentos são apresentados na Figura 19.

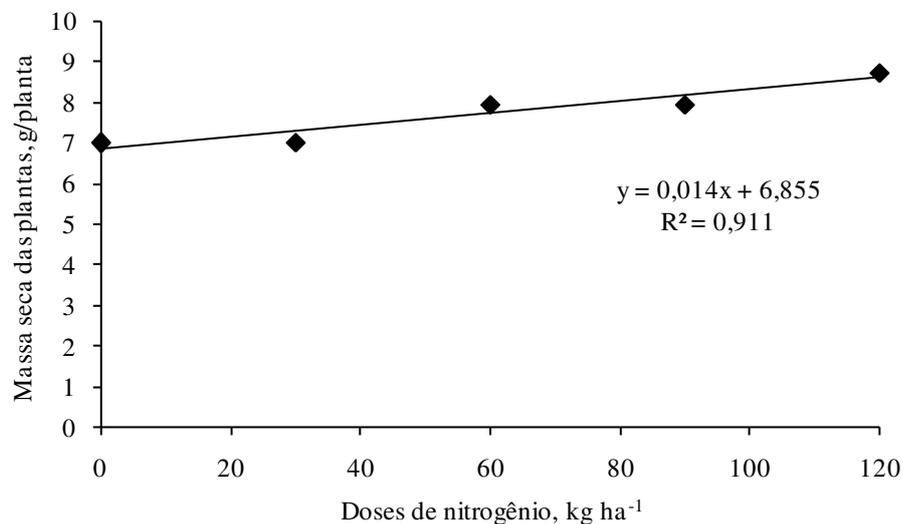


Figura 19 - Massa seca das plantas em decorrência das doses de nitrogênio.

O número de siliques por planta de crambe foi significativamente influenciado pelas adubações nitrogenada e fosfatada, além da interação dos dois adubos (Tabela 6), cujo comportamento pode ser visto na Figura 20.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para o número de síliquas (NS), massa de mil grãos (M1000G), produtividade (PROD), teores de lipídeos (LIPÍD), de nitrogênio (NITRO) e de proteína (PROT) nos grãos em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de Crambe.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio					
		NS	M1000G	PROD	LIPÍD.	NITRO	PROT
Bloco	2	59865,70**	0,303 <sup>ns</sup>	27,03 <sup>ns</sup>	49,79 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	7,49 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	13036,94**	0,118 <sup>ns</sup>	8761,73 <sup>ns</sup>	9,69 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	8,52 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	12129,60**	0,312	792,68 <sup>ns</sup>	6,43 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
Fósforo (P)	4	13919,00**	0,186 <sup>ns</sup>	8350,95 <sup>ns</sup>	7,72 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	4,69 <sup>ns</sup>
Linear	1	29486,60**	0,337 <sup>ns</sup>	5286,48 <sup>ns</sup>	10,14 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
N x P	16	14608,36**	0,133 <sup>ns</sup>	7477,45 <sup>ns</sup>	20,74 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	3,22 <sup>ns</sup>
N dentro de P 3							
Quadrático	1	12848,50**	0,074 <sup>ns</sup>	2151,44 <sup>ns</sup>	4,37 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
N dentro de P4							
Linear	1	24722,18**	1,200 <sup>ns</sup>	8869,01 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	19,12 <sup>ns</sup>
N dentro de P5							
Linear	1	114651,37**	0,088 <sup>ns</sup>	44191,50 <sup>ns</sup>	22,41 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	12,89 <sup>ns</sup>
P dentro de N 1							
Quadrático	1	9288,34*	0,187 <sup>ns</sup>	15641,92 <sup>ns</sup>	50,54 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>
P dentro de N 4							
Linear	1	21329,74**	0,103 <sup>ns</sup>	4494,65 <sup>ns</sup>	12,54 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>
P dentro de N 5							
Linear	1	27466,73**	0,154 <sup>ns</sup>	41292,97 <sup>ns</sup>	44,68 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	4,05 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	8029,27*	0,062 <sup>ns</sup>	906,03 <sup>ns</sup>	7,77 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>
Resíduo (S)	48	1383,23	0,155	4967,01	49,06	0,09	3,76
CV (%)		11,21	6,51	42,37	35,44	7,88	7,88
Média geral		331,76	6,06 g	166,34 kg	19,77 %	3,94%	24,59%

\*, \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidade do erro, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

O comportamento do número de síliquis em função das doses de nitrogênio pode ser observado nas Figuras 20 e 21.

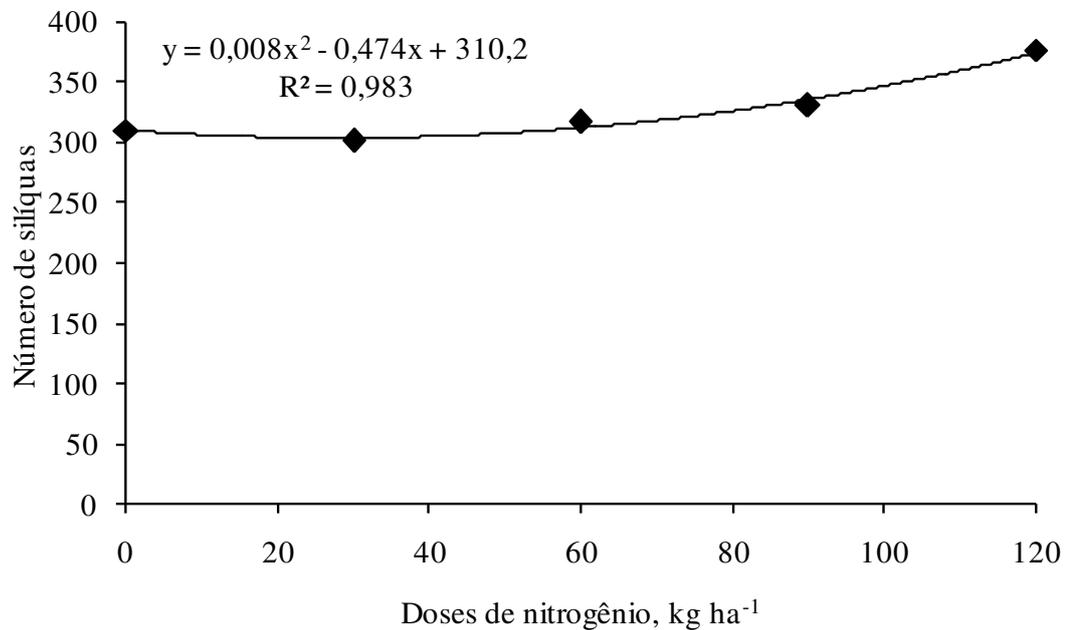


Figura 20 - Número de síliquis em decorrência das doses de nitrogênio.

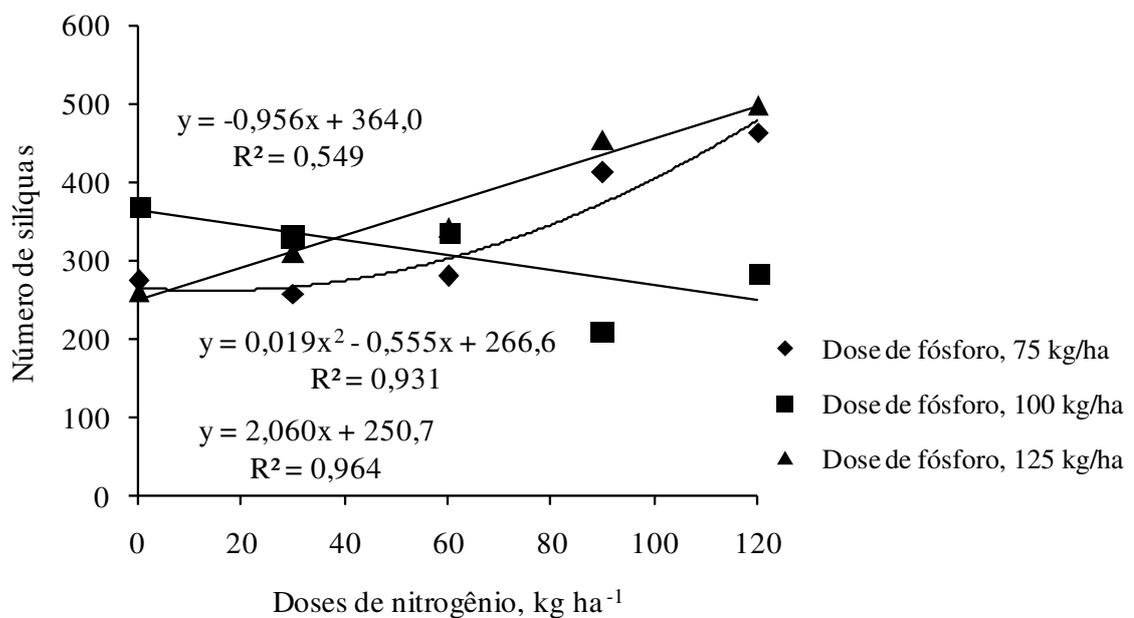


Figura 21 – Número de síliquis de crambe em decorrência da interação das doses de nitrogênio com doses 3 (75 kg ha<sup>-1</sup>), 4 (100 kg ha<sup>-1</sup>) e 5 (125 kg ha<sup>-1</sup>) de fósforo.

Da mesma forma, nas Figuras 22 e 23, são apresentados os comportamentos das doses de fósforo no número de siliquis sem e com nitrogênio.

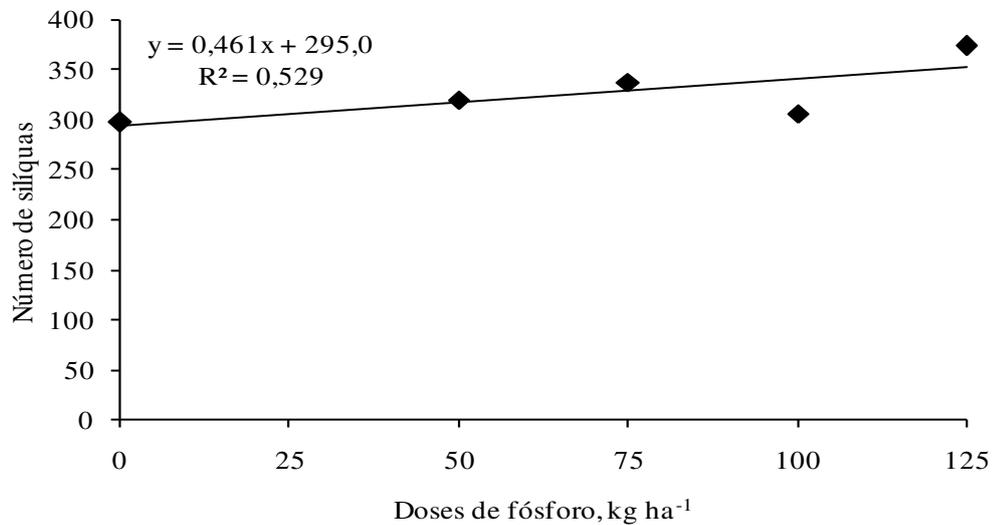


Figura 22 - Número de siliquis em decorrência das doses de fósforo.

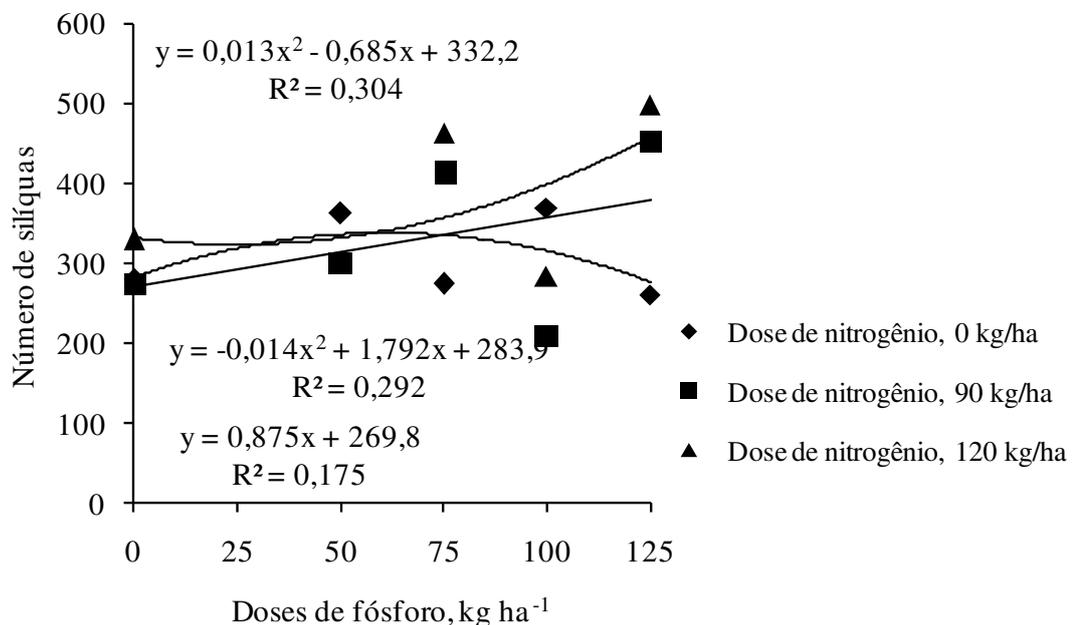


Figura 23 - Número de siliquis de crambe em decorrência da interação das doses de fósforo com doses 1 (0 kg ha<sup>-1</sup>), 4 (90 kg ha<sup>-1</sup>) e 5 (120 kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio.

A massa de 1000 grãos de crambe, a produtividade, os teores de óleo, de nitrogênio e de proteína nos grãos não foram influenciados pelas doses de nitrogênio e de fósforo. A massa média de 1000 grãos foi 6,06 g, corroborando com Viana (2013), que encontrou no plantio de

julho 6,33 g. Já a produtividade observada por Viana (2013), foi bem maior da observada no presente trabalho, 530,73 e 166,34 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Essa baixa produtividade pode ser explicada pela falta de precipitação ser inferior ao mínimo exigido para a cultura do crambe na fase de seu desenvolvimento inicial; após a semeadura o crambe necessita de no mínimo 50 mm de água e neste caso a precipitação durante a germinação do crambe foi de 0 mm (PITOL et al., 2010b). No caso do plantio de julho, o fator precipitação contribuiu para os baixos resultados das variáveis analisadas, pois no mês de agosto não ocorreu precipitação e na época próxima da colheita houve um vendaval. Isso prejudicou o número de ramificações, conseqüentemente a massa seca das plantas, o número de siliquis e, assim, a produtividade.

Os estresses térmicos e hídricos, segundo os autores Souza et al. (2010), provocam aumento do abortamento de flores, redução da disponibilidade de nutrientes no solo e menor produtividade de grãos, observando que, a partir do enchimento dos grãos, a cultura não mais necessita de água, ou seja, elevadas precipitações nessa época provocam redução da produtividade. A quantidade de sementes pode ser influenciada pela fertilidade do solo e chuva presentes no período de produção (DESAI et al. 1997).

Estudos feitos com a canola por Souza et al. (2010), concluíram que a época mais indicada para o plantio da mesma, também da família do crambe, em área úmida do Nordeste da Paraíba, esta compreendida entre os meses de maio a junho, correspondente aos maiores rendimentos de grãos em valores absolutos. A partir de julho a semeadura não é mais recomendada devido ao elevado risco de perdas, pois a partir desse período o aumento da temperatura e a diminuição da precipitação promovem redução do desenvolvimento da planta e redução da produção, com possibilidade de chegar até a não se obter êxito na germinação. Da mesma forma Luz (2011), realizando experimentos com canola na região sul do Brasil, em diferentes épocas de plantio verificou que a maior produtividade ocorreu no período do ano delimitado entre 3 de abril a 12 de junho, a partir de 26 de junho as produtividades caíram drasticamente. Viana (2013) observou em seus experimentos que a produção do crambe é menor quando feito o plantio no mês de julho; para os meses de abril a junho os resultados foram bem mais satisfatórios.

Resultados semelhantes foram observados por experimentos realizados por Pitol et al. (2010b), em diferentes locais no estado de Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso; semeaduras realizadas durante o mês de Abril apresentaram melhores resultados no

desenvolvimento do crambe e produtividade, do que as efetuadas durante o mês de maio; observaram que plantios nas semeaduras tardias resultaram em redução de produtividade.

A aplicação de doses crescentes de nitrogênio e de fósforo no plantio de crambe influenciou significativamente apenas o nitrogênio relacionado aos teores de potássio foliar (Tabela 7), os quais foram crescentes de forma linear devido aos tratamentos com nitrogênio (Figura 24).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio (N Foliar), fósforo (P Foliar) e potássio foliar (K Foliar) em decorrência de diferentes doses de nitrogênio e fósforo da adubação para plantas de crambe.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio		
		N Foliar	P Foliar	K Foliar
Bloco	2	105,23 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	88,44**
Nitrogênio (N)	4	69,21 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	32,41*
Linear	1	187,35 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	93,93**
Fósforo (P)	4	181,54 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	3,70 <sup>ns</sup>
N x P	16	158,55 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	14,56 <sup>ns</sup>
Resíduo (S)	48	87,30	0,37	8,68
CV (%)		34,79	32,47	11,41
Média geral		26,86g/kg	1,87g/kg	25,82g/kg

\*, \*\*: significativo a 5 e 1% de probabilidade do erro, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

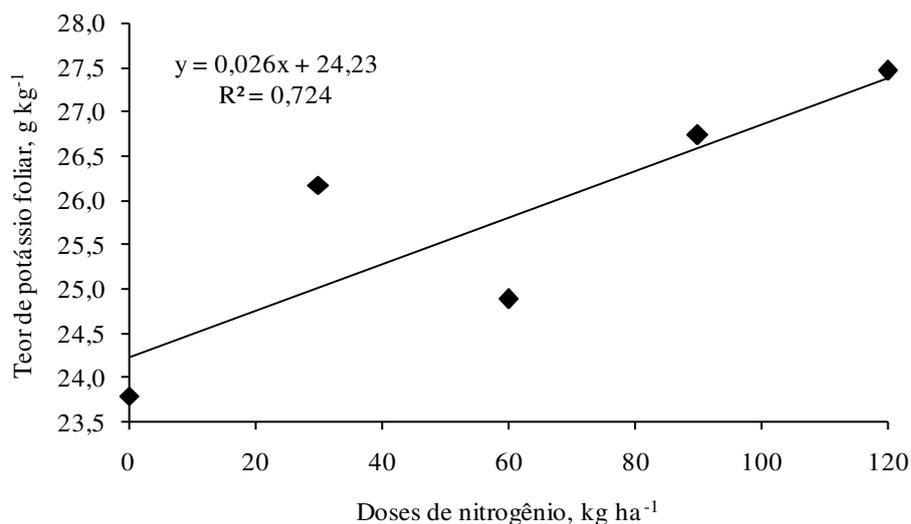


Figura 24 - Teor de potássio foliar com interação de doses de nitrogênio.

Como se observa na figura 24, a interação entre doses de nitrogênio influencia de forma crescente o teor de potássio foliar, mesmo quando a planta tenha passado por um estresse hídrico no seu desenvolvimento inicial.

Em geral o experimento realizado no período de maio a setembro de 2012 teve um bom desenvolvimento, pois as condições de clima foram normais para o inverno na região, ao contrário do que ocorreu no período de julho a novembro. No mês de agosto ocorreu uma estiagem a qual seria solucionada pelo uso de irrigação, e também alguns dias antes da colheita houve um temporal na região do plantio ocorrendo a degrana o que prejudicou o rendimento da cultura e o rendimento da cultura do crambe foi prejudicado, devido à época de plantio ser mais tardia.

## 5 CONCLUSÕES

O crambe representa uma alternativa interessante para cultivo na entressafra (outono) na região oeste do Paraná.

No plantio realizado em maio de 2012:

- 1- A aplicação de nitrogênio no solo aumentou a produção de biomassa, rendimento de grãos e teores foliares de N e K.
- 2- A maior produtividade dos grãos ocorreu com aplicação de  $81 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio resultando em torno de  $1934 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos.
- 3- A aplicação de fósforo no solo aumentou, apenas, os teores foliares de P e K.
- 4- A interação de nitrogênio com fósforo aumentou, somente, a altura das plantas.
- 5- As aplicações de nitrogênio e de fósforo não afetaram o teor de óleo nos grãos.
- 6- A melhor dose de nitrogênio e de fósforo influenciada no desenvolvimento do crambe foi, aproximadamente,  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo, respectivamente.

No plantio realizado em julho de 2012:

- 1- A aplicação de nitrogênio no solo aumentou o número de ramificações, a massa seca da plantas, o número de síliquas e o teor foliar de potássio.
- 2- A aplicação de fósforo no solo aumentou a altura de plantas, o número de ramificações, aproximadamente até  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  e o número de síliquas.
- 3- A interação de nitrogênio com fósforo influenciou a altura de plantas e o número de síliquas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMSEN, F.J.; COFFELT, T.A. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. **Industrial Crops and Products**, v.21, p.293-307, 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. AOAC, Washington, DC.
- BAEZ, O. **Crambe a grande aposta das pesquisas em Mato Grosso do Sul**. *Pantanal News*, 2007. Disponível em: [www.biodiselbr.com/noticias/em-foco/crambe-grande-aposta-pesquisas-mato-grosso-sul.htm](http://www.biodiselbr.com/noticias/em-foco/crambe-grande-aposta-pesquisas-mato-grosso-sul.htm). 25 de fevereiro de 2012.
- BARROS, R. **Energia para um novo mundo**. Rio de Janeiro: CREA-RJ, 2007. 157p.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1989. 878 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 1999. 365p.
- 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**, Santa Maria, v.43, n.7, p.1147-1154, jul, 2013.
- BROCH, D.L. ROSCOE, R. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe tecnologias e produção: crambe Maracaju FUNDAÇÃO MS, 2010**. Disponível em: [www.fundacaoms.org.br](http://www.fundacaoms.org.br). Acesso 16 de maio de 2013.
- CAI, T.D.; CHANG, C.K. Characteristic of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method: propeller blade size, mixing time and coagulant concentration. **Food Research Internacional**, v31, n.4, p. 289-295, 1998.
- CARLSON, K.D; GARDNER, J.C.; ANDERSON, V.L.; HANZEL, J.J. **Crambe: New crop success**. In: JANICK, J. (ed.). *Progress in new crops*. Alexandria: ASHS Press. p. 306-322, 1996. Disponível em: [www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-306](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-306). Acesso em: 16 de agosto 2011.
- CASTRO, C.; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; SFREDO, G.J. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.827-833, Oct./dec., 1999.
- CERETTA, A.C.; BASSO, C. J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54, 2002.
- COEDEIRO, L. A. M.; REIS, M. S.; ALVARENGA, E. M. **A cultura da canola**. (Cadernos Didáticos, 60). Viçosa: UFV, 1999.

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., e Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 10., **Anais...** Universidade do Vale do Paraíba. Urbanova – SP, 2010.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook: biology, production processing and storage**. Marcel Dekker, New York, 627 p., 1997.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos, **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Rio de Janeiro, 306p, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, **EMBRAPA informação tecnológica**, 2 ed.. Brasília, 2009.

SANTOS, H.G.; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, J.B.; LUMBRERAS, J.F.; ANJOS, L.H.C.; COELHO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, V.A. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed., Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 353p.

FALASCA, S.L.; FLORES, N.; LAMAS, M.C.; CARBALLO, S.M.; ANSCHAU, A. *Crambe abyssinica*: An almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal Hydrogen Energy**, v. 35, n. 11, p. 5808 – 5812, 2010.

FARIA, R. Q. **Cinética de secagem e qualidade fisiológica das sementes de crambe**. Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2010. 81 p. Dissertação do Mestrado em Engenharia Agrícola. Disponível em: [www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/\\_Rute\\_Quelvia.pdf](http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/_Rute_Quelvia.pdf). Acesso em: 16 de agosto 2011.

FEIGENBAUM, S.; BIELORAI, H.; ERNER, Y.; DASBERG, S. The fate of 15N labeled nitrogen applied to mature citrus trees. **Plant and Soil**, Dordrecht, n.97, p.179-87, 1987.

FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009, 664p.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. **Crambe FMS Brillhante**. Maracajú, 2009. Disponível em: [www.fundacaoms.org.br/page.php?34](http://www.fundacaoms.org.br/page.php?34). Acesso em 10 de setembro de 2011.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO. **Crambe**. 2013. [www.fundacaoms.org.br/produto/crambe](http://www.fundacaoms.org.br/produto/crambe). Acessado 24 de maio de 2013.

FREITAS M.E.E. **Comportamento agrônômico da cultura do crambe (*crambe abyssinica hoehst*) em função do manejo empregado**. 42 f. Dissertação ( Programa de Pós Graduação em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. Dourados, MS., 2010.

HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K.J.; BENNETT, J.M.; SINCLAIR, T.R., et al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. Chapt.11A, p.285-302.

JUNIOR, A.B.A.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, M.K.T.; LINHARES, P.C.F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da Mamoneira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 217-221, 2009.

KÖPPEN Geiger. Classificação Climática. 2013. Acessado 08 de outubro de 2013. Disponível em: [www.wikipedia.org/wiki/Classificação climática de Köppen-Geiger](http://www.wikipedia.org/wiki/Classificação_climática_de_Köppen-Geiger)

LUZ, G. L. **Exigência térmica e produtividade de canola em diferentes épocas de semeadura em Santa Maria – RS**. Tese de doutorado da Universidade Federal de Santa Maria – RS, 2011. 68f.

MACHADO, M. F.; BARROS, A. P. B.; BRASIL, A. N.; SOARES, L. O.; NUNES, D. L. **Produção de biodiesel a partir de óleo de crambe (*Crambe abyssinica*) utilizando álcool etílico**. Disponível em: [www.enerbio.ind.br/wp-content/uploads/2011/05/a5\\_535-Producao-de-Biodiesel-a-Partir-de-Oleo-de-Crambe.pdf](http://www.enerbio.ind.br/wp-content/uploads/2011/05/a5_535-Producao-de-Biodiesel-a-Partir-de-Oleo-de-Crambe.pdf). Acessado em 10 de setembro 2011.

MACHADO, M. F.; BARROS, A. P. B.; BRASIL, A. N.; SOARES, L. O.; NUNES, D. L. Estudo do crambe (*Crambe abyssinica*) como fonte de óleo para produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE TECNOLOGIA DO BIODIESEL. **Anais...**,2007. Disponível em: [www.enerbio.ind.br/wp-content/uploads](http://www.enerbio.ind.br/wp-content/uploads). Acessado em 10 de setembro 2011.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1989. 292p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997, 308p.

MEAKIN, S.; MACKEY, J. **Crambe (Abyssinian mustard)**. Springdale Crop Sinergias Ltd, October 2005. Disponível em: [http:// www.ienica.net/crops/crambe.pdf](http://www.ienica.net/crops/crambe.pdf) . Acessado 31/07/2011.

MEDEIROS, G. **Empresas incentivam plantio de crambe para biodiesel**. 2007. Disponível em: [www.matima.com.br/energia/blog\\_commento.asp](http://www.matima.com.br/energia/blog_commento.asp). Acesso em: 31 de julho de 2011.

MELLO, F.A.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Fertilidade do Solo**. São Paulo: Nobel, 4ª edição, 1993. 440p.

MIFLIN, B.J.; LEA, P.J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York, v.15, n. 6, p.873-885, 1976.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; BICUDO, S.J. Produção e qualidade de sementes de aveia-preta em função da adubação fosfatada e potássica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 1, p.260-266, 2001.

NERY, W. S. L.; ROSCOE, R.; BROCH, D. L.; FAVARO, S. P.; LARANJEIRA, L. T.; RANNO, S. K. Resposta do crambe FMS brilhante a doses crescentes de fósforo. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 7., 2010. **Anais...** Belo Horizonte, 2010.

NEVES, M. B.; TRZECIAK, M. B.; VINHOLES, P. S.; TILLMAN, A. C.; VILLELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidos em Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 2007, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, RS : EMBRAPA, 2007. p.97-98.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos, 1999. 399 p.

OLIBONE, D. **Propriedades físicas do solo relacionadas à produtividade de culturas sob sistemas de manejo**. Tese de Mestrado 1977. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. [www.acervodigital.unesp.br/handle/123456789/55207](http://www.acervodigital.unesp.br/handle/123456789/55207). Acessado: 26 de agosto de 2013.

OLIVA, A.C.E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. Botucatu 2010, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista – SP. Disponível em: : [www.fcaunesp.br/posgraduacao/teses](http://www.fcaunesp.br/posgraduacao/teses). Acesso, 21 de julho de 2011.

OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; MACIE, C. D. G.; SILVA, T. R. B.; LIMA, G. G. R. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do crambe. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n.1, p.49-56, 2011. Disponível em: [www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/93](http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/93). Acesso 20 de janeiro 2012.

OLIVEIRA , R.C.; AGUIAR, C.G.; VIECELLI, C.A.; PRIMIERI, C.; BARTH, E.F.; BLEIL JUNIOR, H.G.; SANDERSON, K.; ANDRADE, M.A.A.; VIANA, O.H.; SANTOS, R.F.; PARIZOTTO, R.R. **Cultura do crambe**. Cascavel: ASSOESTE, 2013. 70p.

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: alternative field crops manual**. St. Paul:University of Wisconsin and University of Minnesota,1991. Acesso em: 20 de jul. 2011.  
Disponível em: [www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html).

PENELA, Y.M.G. **Selecion de indicadores quer permitan determinar cultivos óptimos para La producion de biodiesel em La eco-regiones chaco-pampeana de República Argerntina**. Inta, mayo de 2007. Disponível em: [www.inta.gov.ar/irr/info/documentos/energia/indicadores\\_biodiesel.pdf](http://www.inta.gov.ar/irr/info/documentos/energia/indicadores_biodiesel.pdf).

PEREZ, S.C.J.G.A. Limites de temperatura e estresse térmico na germinação de sementes de *Peltophorium dubium*. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 20, n.1, p. 134-142, 1998.

PITOL, C. **Cultura do Crambe**. In: Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno, 2008. Disponível em: [www.agroprecisa.com.br/site/noticias/download/crambe-cultivoms.pdf](http://www.agroprecisa.com.br/site/noticias/download/crambe-cultivoms.pdf). Acesso em: 31 de julho de 2011.

PITOL, C. **Crambe: uma nova opção para produção de biodiesel**. Maracajú, Fundação MS, 2008. Disponível em: [www.fundacaoms.com.br](http://www.fundacaoms.com.br). Acesso em: janeiro de 2011.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e Produção: Crambe 2010**. Maracaju: Fundação MS, 2010a. 60p.

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, 2010b. p. 22-36.

POLETTO, N. **Disponibilidade de nitrogênio no solo e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada**. 2004. 119f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pósgraduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

RAMOS, S. J.; FERNANDES, L.A.; MARQUES, C.C.L.; SILVA, D.D.; PALMEIRA, C.M.; MARTINS, E.R. Produção de matéria seca e óleo essencial de menta sob diferentes doses de fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n<sup>o</sup>1, p.9-12, 2005.

RIBEIRO, D. O.; VILELA, L. A. F. **Nutrientes do Solo. Publicado em outubro de 2007**. Disponível em: [www.ebah.com.br/content/ABAAAARwwAK/nutrientes-solo](http://www.ebah.com.br/content/ABAAAARwwAK/nutrientes-solo). Acesso: 13 de março de 2012.

ROGÉRIO, F; SANTOS, J.I.; SILVA, T.R.B. **Aplicação de fósforo na população de plantas de crambe**. Cultivando saber. Cascavel, v.5, n.1, p.59-63, 2012a.

ROGÉRIO, F.; SANTOS, J.I.; SILVA, T.R.B.; MIGLIAVACCA, R.A.; GOUVEIA, B.; BARBOSA, M.C. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento da cultura do crambe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, suplemento 1, p. 251-255, 2012b.

ROSCOE, R.; BROCHI, 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., e SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: EMBRAPA, 2010. p.13-14.

RUAS, R.A.A.; NASCIMENTO, G.B.; BERGAMO, E.P.; DAUR Jr, R.H; ARRUDA, R.G. Embebição e germinação de sementes de crambe (Crambe abyssinica). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v.40, n. 1, p.61 – 65, 2010.

SANTOS, Jeanne Domingues. **Alterações das Propriedades Físicas e Químicas do Solo em Função de Diferentes Sistemas Agrícolas** – São José da Lapa / MG, 2007. [www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MPBB-79MEX5](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MPBB-79MEX5). Acessado: 21 de maio de 2013.

SILVA, S.D.; MESQUITA, G.M.; ALVES, J.M.; LEANDRO, W.M. Efeito da compactação do solo no crescimento e desenvolvimento aéreo do pinhão e crambe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: SBCS, 2011a.

SILVA, T.R.B.; LAVAGNOLLI, R.F.; NOLLA, A. Zinc and phosphorus fertilization of crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst). **Food Agriculture and Environment**, v. 9, n. 1, p. 264-267, 2011b.

SILVA, T.R.B.; LAVAGNOLLI, R.F.; REIS, A.C.S.; SANTOS, J.I.; ROGERIO, F.; GOUVEIA, B.T.; NOLLA, A. Adubação com fósforo e zinco na produtividade e teor de óleo da cultura do crambe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2111, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: SBCS, 2011c.

SORATTO, R.P.; SOUZA-SCHLICK, G.G.; FERNANDES, A.M.; SOUZA, E.F.C. Effect of fertilization at sowing on nutrition and yield of crambe in second season. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n. 3, p.658-666, 2013.

SOUZA, T.A.F; RAPOSO, R.W.C.; DANTAS, A.J.A.; SILVA, C.V.; GOMES NETO, A.D.; SANTOS, L.C.N.; ARAUJO, R.C.A.; RODRIGUES, H.R.N.; ANDRADE, D.A.; MEDEIROS, D.A.; DIAS, J.A.; SILVA, E.S.; LIMA, G.K.; LUCENA, E.H.L.; PRATES, C.S.F. Produção de grãos de canola em função de épocas de semeadura em dois anos de cultivo. CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1454-1458

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**, Brasília, v.44, n.10, p.1328-1335, out. 2009.

STRECK. N.A.; MICHELON, S.; ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; BOSCO, L.C.; PAULA. G.M.; CAMERA, C.; SAMBORANHA, F.K.; MARCOLIN, E.; LOPES, S.J. Filocrono de genótipos de arroz irrigado em função de época de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.323-329, 2007. Disponível em: [www.scielo.com.br](http://www.scielo.com.br). Acesso em: 01 Set. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artimed editora, 2006. 719p.

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.

VIANA, O. H. **Cultivo do crambe na Região Oeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.Cascavel, PR: UNIOESTE, 2013. 60 p.

ZERBINATI, M. T. **Sistemas de Preparo do Solo**. Informativo, Agrimanagers – Mecanização Agrícola, 23/04/2010. Acesso: 13 de março de 2012. Disponível em: [www.agrimanagers.wordpress.com/author/mateuszzerbinati/page/11/](http://www.agrimanagers.wordpress.com/author/mateuszzerbinati/page/11/).

## ANEXO

### **PREPARO E ACONDICIONAMENTO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE DE MASSA SECA - Metodologia Fundação Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR**

Após a coleta, as plantas foram pesadas, para quantificar a massa úmida. Após a pesagem as plantas foram colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçado mantendo-se a temperatura na faixa de 65°C–70°C. O tempo de secagem foi determinado por pesagens das amostras até atingir peso constante. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança analítica para estimativa da massa seca acumulada.

### **PREPARO E ACONDICIONAMENTO DA AMOSTRA PARA ANALISE FOLIAR DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO.**

Após todo o procedimento de amostragem, a amostra chega ao laboratório e passa pelo procedimento de cadastramento, após são submetidas a secagem em estufas com temperatura controlada 65<sup>o</sup> C a 70<sup>o</sup> C até que as folhas estejam totalmente secas (quebradiças);

A secagem é necessária para interromper as realizações enzimáticas responsáveis pelos processos de decomposição e para retirar a água do material vegetal.

A Moagem do material é feita em moinho de facas inoxidável é para reduzir as amostras em pó fino facilitando assim a sua manipulação, depois de moídas, são armazenadas em recipientes específicos para análise foliar.

### **DIGESTÃO DAS AMOSTRAS**

#### **DIGESTÃO SULFÚRICA (determinação de fósforo e nitrogênio)**

Pesar 0,1g da amostra foliar em tubos digestores, acrescentar 0,5g do sal catalisador ( $K_2SO_4 + CuSO_4$ ) na proporção 10:1 e 1,5 ml de  $H_2SO_4$  Concentrado, P.A. e levar para o bloco digestor para efetuar digestão da amostra, respeitando a seguinte ordem:

150°C durante 30 minutos

250°C durante 30 minutos

350°C durante 2 horas

Após a digestão, deixar os tubos esfriarem e retirar para a diluição, acrescentar 19 ml de água destilada e homogeneizar no agitador de tubos manual, após a homogeneização adicionar 40 ml de água destilada, juntando o total de 59 ml de água destilada e 1 ml da amostra. Esta será a solução “A”. Esta solução deverá descansar pelo período de uma noite, para que haja total decantação.

OBS: Fazer uma prova em branco com o sal catalizador e o ácido sulfúrico.

#### DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO

Com uma pipeta de precisão, retirar uma alíquota de 5 ml da solução A e colocar em tubos de ensaio específicos para esta análise. Acrescentar 0,4 mg de ácido ascórbico e 10 ml de molibdato de amônia diluído. Agitar para homogeneizar a solução, e aguardar por 30 minutos. Fazer a leitura no espectrofotômetro marca modelo Libra S120 no comprimento de onda 660nm.

OBS: Antes da leitura recomenda-se agitar novamente a solução.

#### DETERMINAÇÃO DE NITROGÊNIO

Com uma pipeta de precisão, retirar uma alíquota de 1 ml da solução A e colocar em tubos de ensaio específicos para a determinação do N, adicionar 9 ml de água destilada e agitar para obter total homogeneização. Esta será a solução “B”. Transferir 1 ml da solução B para novos tubos e adicionar 6 ml de água destilada, esta será a solução para leitura. Acrescentar sob agitação e sequencialmente:

1 ml de solução de nitroprussiato de sódio – solução 1.

1 ml de solução de ácido salicílico – solução 2.

1 ml de solução de hipoclorito de sódio – solução 3.

Volume final da solução 10 ml, sendo,

1mL da solução B + 6mL de água destilada + 1mL sol.1 + 1 ml sol.2 + 1 ml sol. 3

Aguardar 60 minutos, agitar novamente e fazer a leitura no espectrofotômetro

marca modelo libra S120 a 697 nm.

**DIGESTÃO COM ÁCIDO NITROPERCLÓRICO** (Obtenção de cobre, zinco, ferro, manganês, magnésio, cálcio, enxofre, potássio e sódio)

Pesar 0,4g da amostra foliar em tubos digestores, acrescentar 4 ml da mistura de ácido Nítrico + ácido Perclórico concentrado, (nitroperclórico) na proporção 3:1. Levar ao bloco digestor e realizar a digestão da amostra respeitando a seguinte ordem:

80°C durante 30 minutos

120°C durante 30 minutos

200°C durante 2 horas

OBS: Fazer uma prova em branco com 4 ml de ácido nitroperclórico.

Após a digestão, deixar os tubos esfriarem e retirar para a diluição, acrescentar 19 ml de água destilada e homogeneizar no agitador de tubos manual, transferir a solução dos tubos digestores para tubos de ensaios específicos, esta será a solução “A” e servirá para determinação de Cu, Zn, Fe e Mn realizados no espectrofotômetro de absorção atômica.

## DETERMINAÇÃO DE POTÁSSIO

Com uma pipeta de precisão, retirar uma alíquota de 1 ml da solução A e colocar em tubos de ensaio específicos, nestes adicionar 19 ml de água destilada, esta será a solução “B” e servirá para a leitura do Na e K no fotômetro de chama.

## METODOLOGIA PARA PROTEÍNA BRUTA E NITROGENIO TOTAL (INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA Nº 20, de 21 de julho de 1999)

### PRINCÍPIO DO MÉTODO KJELDAHL

Baseia-se na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio através da digestão com ácido sulfúrico p.a. e posterior destilação com liberação da amônia, que é fixada em solução ácida e titulada.

Pode-se expressar os resultados em protídios, multiplicando-se a porcentagem do nitrogênio total por fatores específicos.

### PROCEDIMENTO ANALÍTICO

Pesar em balança analítica 0,25g da amostra preparada, transferir para o tubo de kjeldahl , devidamente identificado, fazer a prova em branco, quando pertinente, com os reagentes, proceder conforme a amostra.

Adicionar 01 tablete de kjeltabs ou pesar cerca de 2,5g da mistura catalítica (3,5g Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> ou 7g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 0,8g CuSO<sub>4</sub>.5<sub>2</sub>O);

Acrescentar 7mL de ácido sulfúrico p.a. concentrado;

Coloque as amostras no digestor, aumentando a temperatura gradativamente, chegando à temperatura de 400°C ± 5°C;

Quando o líquido se tornar límpido, de tonalidade azul-esverdeado, retirar do digestor o conjunto de tubos e acrescentar 10 mL de água destilada;

Acoplar ao destilador um erlenmeyer de 250 mL com 20 mL de ácido bórico a 4% e 4 a 5 gotas do indicador misto;

Adaptar o tubo de kjeldahl ao destilador e adicionar 20 mL da solução de hidróxido de sódio a 50%;

Destilar;

Titular com solução de ácido clorídrico 0,1N até a viragem do indicador de verde claro para rosa.

### CÁLCULO DE RESULTADOS

$$\% \text{ nitrogênio total} = \frac{V \cdot N \cdot f \cdot 0,014 \cdot 100}{P_a}$$

$$\% \text{ protídios} = \% \text{ de Nitrogênio total (NT)} \times F$$

Onde:

NT= Nitrogênio Total

V = mililitros de solução de ácido clorídrico 0,1N gastos na titulação, após a correção com o branco

f = fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1N

N = normalidade teórica da solução de ácido clorídrico 0,1N

P<sub>a</sub> = massa da amostra em gramas

F = fator de conversão da relação nitrogênio/proteína.

### METODOLOGIA PARA LIPÍDIOS (ÓLEO NO GRÃO)

#### **LIPÍDIOS (MÉTODO A: EXTRAÇÃO) (INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA Nº 20, de 21 de julho de 1999)**

#### PRINCÍPIO

Fundamenta-se na solubilidade dos lipídios em solventes apropriados (éter de petróleo, n-hexano ou éter etílico anidro).

Os lipídios extraídos são posteriormente determinados por gravimetria.

#### PROCEDIMENTO ANALÍTICO

Pesar cerca de 5g de amostra homogeneizada, secar em estufa a 105°C durante 2 horas ou usar a amostra após a determinação da umidade;

Transferir a substância seca e fragmentada para um cartucho de extração ou dobradura de papel filtro, com auxílio de espátula, pinça e algodão desengordurado;

Aquecer o reboiler com algumas pérolas de vidro por no mínimo 1 hora em estufa a 105°C, esfriar em dessecador até temperatura ambiente e pesar;

Introduzir a amostra no extrator à 80°C;

Adicionar 100mL de hexano;

Ajustar o conjunto ao condensador;

Extrair por um período mínimo de 6 horas (de acordo com o teor de lipídios pode ser de 8 a 12 horas);

Recuperar o solvente a 135°C e colocar o reboiler com resíduo em estufa a 105°C por 1 hora;

Esfriar em dessecador até temperatura ambiente e pesar;

Repetir as operações até obter peso constante.

## CÁLCULO DE RESULTADOS

$$\% \text{ lipídios} = \frac{100 \cdot p}{p'}$$

Onde:

p = massa de lipídios extraídos em gramas  $(p_i - p_f)$ ;

p' = massa da amostra em gramas;

p<sub>i</sub> = peso do balão + pérolas de vidro (Tarado);

p<sub>f</sub> = peso do balão + pérolas de vidro + resíduo de gordura.