

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

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO  
CRAMBE SUBMETIDO A FERTILIZAÇÃO MINERAL**

**RAMARA SENA DE SOUZA**

**CAMPINA GRANDE - PB,  
FEVEREIRO DE 2014**

**RAMARA SENA DE SOUZA**

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO  
CRAMBE SUBMETIDO A FERTILIZAÇÃO MINERAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientadora: P<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lúcia Helena Garófalo Chaves.

**CAMPINA GRANDE - PB,  
FEVEREIRO DE 2014**



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

RAMARA SENA DE SOUZA

CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO CRAMBE SUBMETIDO  
A FERTILIZAÇÃO MINERAL

BANCA EXAMINADORA

PARECER

  
Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves  
Orientadora - UACA/UFPG

Aprovada

  
Ph.D. Hugo Orlando Carvalho Guerra  
Examinador - UACA/UFPG

Aprovada

  
Dra. Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos  
Examinadora - Autônoma

Apurada

FEVEREIRO DE 2014

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1. Características da Cultura.....	2
2.2. Condições Edafoclimáticas da Cultura.....	3
2.3. Cultivo do Crambe no Brasil e noMundo.....	4
2.4. O Potencial da Cultura.....	5
2.5. Importância do Uso de Fertilizantes .....	7
2.6. Necessidades Nutricionais do Crambe .....	8
2.7. Nitrogênio.....	9
2.8. Fósforo.....	9
2.9. Potássio.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Localização Experimental .....	11
3.2. Período Experimental .....	11
3.3. O Clima do Local .....	11
3.4. Características do Solo .....	11
3.5. Variedade Utilizada .....	12
3.6. Delineamento Experimental .....	12
3.7. Instalação e Condução do Experimento .....	13
3.8. Variáveis Estudadas.....	13
3.8.1. Variáveis de Crescimento.....	13
3.8.1.1. Altura das Plantas (AP).....	13
3.8.1.2. Diâmetro Caulinar (DC) .....	14
3.8.1.3. Número de Ramificações (NR).....	14
3.8.2. Variáveis de Produção .....	14
3.8.2.1. Massa Seca Total (MST) .....	14
3.8.2.2. Número de Grãos por Planta (NGP).....	14
3.8.2.3. Massa de Mil Grãos (MMG) .....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15

4.1. Germinação das Sementes de Crambe.....	15
4.2. Avaliação do Crescimento da Cultura .....	16
4.3. Crescimento e Produção do Crambe Submetido a Doses de Nitrogênio e Fósforo	17
4.4. Crescimento e Produção do Crambe Submetido a Doses de Nitrogênio e Potássio	27
4.5. Crescimento e Produção do Crambe Submetido a Doses de Potássio e Fósforo ....	35
5. CONCLUSÃO.....	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Análise de variância para a altura das plantas (AP), diâmetro caulinar (DC) e número de ramificações (NR) do crambe, em função da utilização dos elementos nitrogênio (N) e fósforo (P).....	17
<b>Tabela 2.</b> Análise de variância para o número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e massa seca total (MST) do crambe, em função da utilização dos elementos nitrogênio (N) e fósforo (P).....	22
<b>Tabela 3. Tabela 3.</b> Análise de variância para a altura das plantas (AP), diâmetro do caulinar (DC) e número de ramificações (NR) do crambe, em função da utilização dos elementos nitrogênio (N) e potássio (K).....	27
<b>Tabela 4.</b> Análise de variância para número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e massa seca total (MST) do crambe, em função da utilização dos elementos nitrogênio (N) e potássio (K).....	30
<b>Tabela 5.</b> Análise de variância para a altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e número de ramificações (NR) do crambe, em função da utilização dos elementos fósforo (P) e potássio (K) .....	36
<b>Tabela 6.</b> Análise de variância para a produtividade de grãos (PG), massa de mil grãos (MMG) e massa seca total (MST) do crambe, em função da utilização dos elementos fósforo (P) e potássio (K) .....	37

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Plantas de crambe após a germinação.....	15
<b>Figura 2.</b> Vista lateral e superior do crambe aos 30 DAS e a planta aos 60 DAS, respectivamente. ....	16
<b>Figura 3.</b> Altura aos 60 e 90 DAS, diâmetro caulinar e número de ramificações das plantas de crambe em função das doses de nitrogênio .....	18
<b>Figura 4.</b> Altura das plantas e número de ramificações em função da utilização N, considerando a aplicação das doses de P .....	19
<b>Figura 5.</b> Altura das plantas e número de ramificações em função da utilização do P, considerando a aplicação das doses de 90 e 120 kg ha <sup>-1</sup> de nitrogênio .....	20
<b>Figura 6.</b> Número de grãos por planta, massa seca total e massa de mil grãos das plantas de crambe, em função das doses crescentes de nitrogênio .....	23
<b>Figura 7.</b> Massa seca total das plantas de crambe, em função das doses crescentes de fósforo.....	24
<b>Figura 8.</b> Número de grãos por planta, massa de mil grãos e massa seca total em função da utilização do N, considerando a aplicação das doses crescentes de fósforo.....	25
<b>Figura 9.</b> Massa de mil grãos e massa seca total em função da utilização do P, considerando a aplicação das doses crescentes de nitrogênio.....	26
<b>Figura 10.</b> Número de ramificações das plantas de crambe em função das doses de nitrogênio.....	28
<b>Figura 11.</b> Número de ramificações das plantas de crambe em função das doses de nitrogênio, considerando a aplicação de 50 e 100 kg ha <sup>-1</sup> de potássio.....	28
<b>Figura 12.</b> Número de grãos por planta (NGP) e massa seca total (MST) das plantas de crambe, em função das doses crescentes de nitrogênio.....	31
<b>Figura 13.</b> Número de grãos por planta (NGP) das plantas de crambe, em função das doses crescentes de potássio.....	32
<b>Figura 14.</b> Massa de mil grãos, em função da utilização do N, considerando a aplicação 50 k ha <sup>-1</sup> e 125 k ha <sup>-1</sup> de potássio.....	32
<b>Figura 15.</b> Massa de mil grãos, em função da utilização do K, considerando a aplicação 30 k ha <sup>-1</sup> e 90 k ha <sup>-1</sup> de nitrogênio.....	33
<b>Figura 16.</b> . Número de grãos por planta, em função da utilização do N, considerando a aplicação das doses crescentes de potássio.....	33
<b>Figura 17.</b> Massa seca total (MST) das plantas de crambe, em função da utilização do N, quando aplicadas às doses de 75, 100 e 125 kg ha <sup>-1</sup> de K.....	34
<b>Figura 18.</b> Número de grãos por planta, massa de mil grãos e massa seca total em função da utilização de K, considerando a aplicação de 90 k ha <sup>-1</sup> de N; 30 e 90 k ha <sup>-1</sup> e 60 k ha <sup>-1</sup> de N, respectivamente.....	34

## RESUMO

A crise energética dos últimos tempos tornou os biocombustíveis uma importante fonte de geração de energia. Nesta perspectiva a cultura do crambe é uma alternativa para produção de biodiesel, recebendo este enfoque por sua rusticidade, precocidade, alto teor de óleo e boa adaptação. O manejo adequado do uso de fertilizantes no cultivo do crambe é pouco conhecido, não havendo recomendações específicas para a adubação. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi estudar os efeitos da adubação mineral, relativa aos elementos nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e produção do crambe. O experimento foi instalado em casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizado. As doses de nitrogênio utilizadas foram 30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup>, e 50; 75; 100; 125 kg ha<sup>-1</sup> para fósforo e potássio. O incremento na produção foi diretamente proporcional ao aumento das doses de nitrogênio. As doses de fósforo e potássio não provocaram efeito significativo sobre o crescimento do crambe.

Palavras-chave – Adubação, cultura, produção.



## **ABSTRACT**

The energy crisis of recent times has become the biofuels an important of energy generation. In this perspective, the culture of crambe is an alternative for the production of biodiesel, owing to for its hardiness, earliness, high oil content and good adaptation. The appropriate management of fertilizer use in the cultivation of crambe is little known, there are no specific recommendations for fertilizing. Therefore, the aim of this research was to study the effects of mineral fertilization on nitrogen and phosphorus elements in the growth and production of crambe. The experiment was conducted in a greenhouse in a completely randomized design. The doses of nitrogen used were 30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup> and 50; 75; 100; 125 kg ha<sup>-1</sup> for phosphorus and potassium. . The increase in production was directly proportional to increasing levels of nitrogen. The phosphorus and potassium doses did not cause significant effect on the growth of crambe.

**Keywords** - Fertilization, cultivation, biofuels.

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo mundial de combustíveis em proporções elevadas e as preocupações a respeito da degradação ambiental, principalmente no que diz respeito ao esgotamento das reservas energéticas não renováveis, têm levado os países a considerar novas fontes para a geração de energia.

Nesse cenário as culturas energéticas destinadas à produção de biocombustíveis ganham destaque, pois são consideradas fontes alternativas econômicas e ambientalmente viáveis.

No entanto utilização de uma cultura para a geração de biocombustíveis depende de aspectos tecnológicos e econômicos definidos por fatores agrônômicos, como: teor de óleo, produtividade, sistema produtivo, ciclo da cultura.

Diante disso acredita-se que o *Crambe abyssinica* Hochst tem grande potencial para constituir-se em matéria-prima para biodiesel (ECHEVENGUÁ, 2007). É uma oleaginosa pertencente à família Brassicaceae, existindo cerca de trinta espécies, no entanto, o cultivável em grande escala é o *Crambe abyssinica* Hochst, também conhecido como Abyssinian Kale (OLIVA, 2010).

No Brasil, as pesquisas com a cultura do crambe foram iniciadas em 1995 pela Fundação Mato Grosso do Sul, inicialmente avaliando o seu comportamento na formação de cobertura do solo (BAEZ, 2007; PITOL, 2008). Mas, com o advento da produção de biodiesel, essa oleaginosa se tornou opção bastante interessante por apresentar vantagens como precocidade, rusticidade, boa tolerância as variações climáticas, baixo custo de produção, produtividade entre 1000 e 1500 kg ha<sup>-1</sup>, assim como maior produção de óleo em relação a culturas como girassol, nabo forrageiro, canola, pinhão manso, entre outras. Além disso, o crambe não compete com culturas destinadas à produção de alimento, tornando-se viável o seu cultivo para produção de biocombustível (BAEZ, 2007; JASPER et al., 2010).

Semelhante às outras plantas superiores, o crambe necessita de macro e micronutrientes. Com base nisto, o manejo adequado da adubação constitui-se ainda um dos maiores problemas, uma vez que, as informações sobre adubação em crambe são pouco conhecidas. Não havendo, portanto, recomendações específicas para esta cultura.

Portanto, em virtude dos fatos mencionados, e possibilidades econômicas, principalmente por representar uma nova opção de cultivo para as terras das regiões semiáridas e subúmidas do Nordeste, objetivou-se com este trabalho estudar os efeitos

da utilização da fertilização mineral, referente aos elementos nitrogênio (N), fósforo (P), e Potássio (K), no crescimento e produção da cultura do crambe.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Características da Cultura**

O crambe é uma oleaginosa pertencente à família Brassicaceae, a qual tem cerca de trinta espécies, no entanto, o cultivável em grande escala é o *Crambe abyssinica* Hochst, também conhecido como Abyssinian Kale (OLIVA, 2010).

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; sua superfície é lisa; o pecíolo é canalizado cerca de 8 cm de comprimento, e é pubescente. O crambe produz numerosas flores pequenas e brancas ao longo dos ramos; os frutos são esféricos, é uma síliqua; a cor no início é verde e se torna amarelo próximo a maturação; o fruto é verde claro e posteriormente castanho claro (OPLINGER et al., 1991).

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 as sementes possam ser armazenadas por longos períodos, sem perda significativa do poder germinativo (PEREZ, 1998).

Geralmente as sementes são dormentes, aonde 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 da germinação das sementes de até 90%.

Nas folhas do crambe existe uma substância chamada de glicosinolato, que é repelente e tem caráter inseticida para algumas espécies. Não se tem nenhum registro de pragas sérias no crambe, nem de parte aérea nem de raízes. No crambe se tem problemas com alguns fungos quando aparecem 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 uma vez que a lavoura não é susceptível a pragas e doenças (ROSCOE et al., 2010) .

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

O óleo extraído das sementes de crambe contém 50-60% de ácido erúico; este ácido, classificado como ácido graxo de cadeia longa, impossibilita o uso da cultura pela indústria alimentícia, pois é considerado tóxico ao organismo humano. Porém pode funcionar como agente deslizante em ligas plásticas. Também está sendo testada sua utilização em transformadores e como lubrificantes, substituindo óleos minerais, (ROSCOE 2010).

Embora tóxico para suínos e aves, o farelo é rico em nutrientes e pode ser adicionado na alimentação de bovinos, até 5% da ração do gado, com segurança (PITOL, 2010).

A produção rápida, a rusticidade da cultura, a fácil adaptação do plantio (boa tolerância a variações climáticas), o custo baixo da atividade, que não exige novas máquinas e equipamentos e tem método simples de extração de óleo por meio de prensa ou extrusora, também são características adequadas para a agricultura familiar, segmento econômico visto como importante produtor de oleaginosas para a produção de biodiesel (PITOL, 2010).

## **2.2. Condições Edafoclimáticas da Cultura**

O Crambe é uma crucífera de inverno, planta originária da região de transição entre temperada e quente, com precipitação moderada da Etiópia (PITOL, 2008). Essa espécie foi adaptado às regiões secas e frias do Mediterrâneo (GOMES, 2010). Por ter origem nessa região e nas terras altas do leste da África, se adapta muito bem ao o clima frio, como na Europa (WEISS, 1983).

Portanto, caracteriza-se por ser um vegetal arbustivo, desenvolvendo-se em condições climáticas diferenciadas, desde geadas típicas do Sul do Brasil até climas quentes e secos, como do Centro-Oeste brasileiro (MACHADO et al, 2007; FARIA, 2010; PITOL et al., 2010). Por isso a cultura é 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 onde 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).

A planta possui uma raiz penetrante que pode atingir profundidades maiores do que 15 cm o que permite ser relativamente resistente a seca, porém, 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 e MACKEY, 2005).

O crambe apresenta maior sensibilidade à compactação do solo no crescimento e desenvolvimento aéreo e radicular (SILVA et al., 2011a), preferindo solos profundos e não pedregosos (MEAKIN e MACKEY, 2005).

### **2.3. Cultivo do Crambe no Brasil e no Mundo**

A cultura foi utilizada pela primeira vez em 1933, na Estação Botânica Boronez, na antiga União das repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), em 1933 (MASTEBROEK et al., 1994). Também há evidência de trabalhos de investigação experimental na Rússia, Suécia e Polónia, após a 2ª Guerra Mundial (PAPATHANASIOU et al., 1966; GRASHCHIENKOV, 1959; WHITE e HIGGINS, 1966; ZIMMERMANN, 1962).

O crambe foi introduzido nos Estados Unidos da América pela Estação Experimental de Agricultura de Connecticut em 1940, e os estudos de avaliação como produto agrícola iniciaram no estado do Texas em 1958. Desde então, tem sido plantado em diversas áreas dos EUA. Na década de 90, houve um grande esforço das instituições norte americanas para buscar culturas alternativas não-alimentícias, voltadas para a produção de óleo e, desta forma, desenvolveram-se pesquisas e parcerias com produtores, agroindústrias e cientistas para a introdução da cultura do crambe (OLIVA, 2010).

No mesmo período, foram introduzidos no Brasil materiais vindos do México, os quais foram selecionados por pesquisadores da Fundação Mato Grosso do Sul, no município de Maracaju-MS, em 1995, originando a primeira cultura de crambe (FMS Brilhante) no país, (PITOL, 2010) sendo também cultivável no sul e no sudeste.

Inicialmente avaliou-se o comportamento da cultura como cobertura de solo; posteriormente, os agricultores da região, começaram utilizar a cultura como forrageira, alternativa na rotação de culturas e cobertura de solos para o plantio direto no período de inverno (BAEZ, 2007; PITOL, 2008).

Sua produtividade no Brasil é de 1.000 a 1.500 quilos por hectare (PITOL, 2008), chegando a atingir em campos experimentais da Fundação MS e da Faculdade Assis Gurgacz – FAG, 2.300 kg ha<sup>-1</sup> (MAI NETO, 2009). Já nos Estados Unidos e na Europa há relatos de produtividades superiores a 3.000 kg ha<sup>-1</sup> (PITOL et al., 2010).

Atualmente dois estados lideram a produção brasileira de crambe: Goiás, com 3,5 mil hectares plantados (regiões de Itumbiara, Rio Verde, Jataí, Luziânia e Formosa) e o Mato Grosso do Sul, com 3 mil hectares (municípios de Ponta Porã, Maracaju, Dourados, São Gabriel e Chapadão do Sul). No MS o ciclo de produção é de março a maio enquanto em GO fica entre fevereiro e abril. Também existem perto de 1,5 mil hectares em adaptação em uma propriedade na região de Sorriso, no Mato Grosso, além de desenvolvimento de pesquisas para futuro plantio no norte de Minas Gerais, e na Região Nordeste como cultura de safra (ROSCOE, 2010).

## **2.4. O Potencial da Cultura**

No Brasil tem-se estudado a utilização do crambe para a produção de biodiesel devido aos elevados teores de óleo, e baixo custo de produção. Das matérias-primas disponíveis no país para transformação em biocombustíveis, o crambe está em estágio de avaliação; estando entre uma das principais espécies que vêm sendo pesquisadas, com destaque para aquelas passíveis de exploração econômica pela agricultura familiar (FMS, 2011)

A grande tolerância à seca, a geadas, a sua precocidade e o percentual de óleo total, aproximadamente 40% (BONDIOLI et al., 1998), são as grandes vantagens dessa cultura, que floresce aos 35 dias e tem ciclo curto, de 85 a 95 dias, com maturação uniforme (DUKE, 2002).

O plantio, de acordo com Roscoe (2010), pode ser feito em linhas de 20 ou 45 cm utilizando tanto semeadoras de soja quanto de trigo e de arroz. Na colheita, pode ser utilizada a máquina de soja que, no entanto, deverá ser regulada.

A cultura tem, portanto, despertado interesse dos produtores de soja, pois todo seu cultivo é mecanizado, aproveitando os mesmos equipamentos utilizados para outras

culturas de inverno e, por ser semeada após a colheita da soja entre março e maio, torna-se mais uma alternativa para a safrinha, apresentando baixo custo de produção, tendo a produtividade de 1.000 a 1.500 quilos por hectare (PITOL, 2008), resultando em aproximadamente 570 kg de óleo e com investimento aproximado de R\$ 300,00 por ha. Na cultura da soja a produção média é de 3000 kg/ha, resultando em 600 kg de óleo e o investimento médio em torno de R\$ 1000,00 por ha (PLEIN et al., 2010).

Segundo Meakin e Mackey, (2005) e Gomes (2010), o cultivo do crambe pode chegar a quatro ciclos de produção por ano indicando, nitidamente, o considerável potencial de produção de óleo desta oleaginosa.

A extração do óleo pode ser feita de forma mecânica, com extrusora e prensa (BAEZ, 2007), tornando-a adequada para a agricultura familiar, segmento econômico visto como importante produtor de oleaginosas para a produção de biodiesel.

Os experimentos feitos por Machado et al. (2011), em relação a prensagem do crambe, demonstraram boa eficiência de extração, com 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.

O crambe tem um óleo bastante característico, com um mercado específico para esse tipo de material e que apresenta um valor bem superior aos outros óleos comestíveis. Ele pode ser utilizado tanto para biocombustíveis, mas também é insumo para a indústria de polímeros, lubrificantes e plásticos (PITOL 2010).

Jasper (2009) concluiu, após análise, que o biodiesel do *Crambe abyssinica* Hochst se encontra de acordo com normas estabelecidas na Resolução nº 7 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

Segundo Oplinger (1991), o farelo pode ser utilizado como suplemento protéico para bovinos, uma vez que nas sementes do crambe, contém entre 46 e 58% de proteína. Porém, não é recomendado para alimentação de animais não ruminantes, devido existirem glicosinolatos, os quais podem ser desdobrados no trato digestivo formando compostos que podem causar danos no fígado e nos rins dos animais.

## **2.5. Importância do Uso de Fertilizantes**

Os nutrientes minerais possuem funções essenciais e específicas no metabolismo das plantas, quando algum destes não está presente nas condições satisfatórias à planta, sua deficiência gera anomalias devido a alterações no metabolismo. Para Malavolta (1980) a planta necessita de elementos minerais essenciais, como o nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) e quando um destes não está disponível a planta tem dificuldade de expressar o seu potencial e completar seu ciclo de vida.

A aplicação de fertilizantes minerais é feita para repor sua perda, pois, a cada ciclo, as plantas extraem nutrientes dos solos. Dessa forma, se esses nutrientes não forem fornecidos pelos fertilizantes, eles serão absorvidos das reservas do solo, podendo causar seu esgotamento. Isso pode causar também redução da matéria orgânica, que é, também, fornecedora de nutrientes, e contribui para melhorar a retenção de água pelo solo. Sem a adubação do solo com fertilizantes, haveria degradação do solo e redução da oferta de alimentos (CAMARGO, 2012).

O uso dos fertilizantes também promove grande impacto nas propriedades físicas do solo. Plantas que receberam nutrientes na quantidade adequada apresentam maior crescimento e um sistema radicular mais vigoroso, promovendo uma maior agregação das partículas do solo. Além disso, a maior quantidade de raízes e resíduos vegetais que voltam ao solo, aumentam a matéria orgânica, melhorando a aeração e as taxas de infiltração de água. Assim, a erosão, que é a perda de solo pela chuva ou vento, é reduzida, evitando o assoreamento dos rios e os prejuízos ambientais decorrentes. Dessa forma, os fertilizantes contribuem para reduzir a degradação química, física e biológica do solo (CAMARGO, 2012).

Os fertilizantes também possuem papel fundamental na saúde vegetal porque fornecem elementos essenciais à vida das plantas. Entretanto, doses insuficientes ou em excesso, podem acarretar efeitos prejudiciais ao crescimento das culturas, reduzindo a produtividade das culturas (MALAVOLTA et al., 1997). Neste sentido, a aplicação de fertilizantes de forma eficiente é fundamental para a eficácia produtividade.



## 2.6. Necessidades Nutricionais do Crambe

Para o crambe, as respostas em relação aos fertilizantes são pouco conhecidas. Sabe-se que é uma planta que absorve alta quantidade de nitrogênio devido ao elevado teor de proteínas nos grãos (SOUZA et al., 2009).

As espécies vegetais têm diferentes exigências nutricionais, necessitando de uma melhor exploração da planta para determinar suas necessidades em relação aos nutrientes (EPSTEIN e BLOOM, 2004).

Uma planta bem nutrida produzirá maior número de sementes. No início da fase reprodutiva, as exigências nutricionais, para a maioria das espécies, tornam-se mais intensa, sendo mais crítica por ocasião da formação das sementes, quando ocorre considerável translocação de nutrientes, como potássio e nitrogênio. A boa formação do embrião e dos tecidos de reserva, assim como sua composição química, depende de uma adequada disponibilidade de nutrientes no substrato de crescimento das plantas, o que certamente irá influenciar o metabolismo e o vigor da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A resposta do crambe à fertilidade do solo é semelhante ao de pequenos grãos (KNIGHTS, 2002), como a colza (*Brassica napus* L.) a canola (*Brassica napus* L. e *Brassica rapa* L.) e a mostarda (*Brassica juncea* L.). O crambe necessita de macro e micronutrientes, tanto encontrados no solo como resultado da fertilidade natural, quanto incorporados pelos fertilizantes e corretivos.

Os solos para o plantio devem ser férteis, com acidez corrigida, com pH acima de 5,8; no entanto, ainda não há recomendações específicas, e até que nível de adubação é viável para a cultura (PITOL, 2008).

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 do que no nabo forrageiro, onde este tem uma relação C/N inferior ao crambe (CERETTA et al., 2002). Observaram também, 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, o nutriente requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais, foi rapidamente mineralizado pelas duas culturas.

Freitas (2010) avaliando a resposta do crambe às adubações em diferentes doses de  $P_2O_5$  (0, 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup>) e  $K_2O$  (0, 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup>) em semeadura e N (0, 60,

120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura, observou que estas doses utilizadas não interferiram na produtividade da cultura, mas contribuiu para o aumento dos teores de óleo nos grãos.

## **2.7. Nitrogênio**

O nitrogênio participa no metabolismo das plantas como compostos de aminoácidos, proteínas, aminas, amidas, aminoaçucares, purinas, coenzimas, vitaminas e pigmentos (MALAVOLTA, 1980), interferindo diretamente na fotossíntese (CORSI, 1986). O mesmo autor ainda relata que o nitrogênio é classificado como macronutriente e é absorvido em grandes quantidades pelas plantas, principalmente por fluxo de massa junto com a solução do solo.

O nitrogênio (N) é constituinte de vários componentes da célula vegetal, dentre estes, aminoácidos e ácidos nucleicos. Além de compor a molécula de clorofila e auxiliar nas reações de síntese proteica. Esta, quando inibida reduz o processo de divisão celular (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Em oleaginosas, o N influencia o metabolismo de síntese de compostos de reservas das sementes, determinando os teores de proteínas nos grãos e a produção de óleo (CASTRO et al., 1999).

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. Por serem plantas da mesma família (Brassicaceae), espera-se que o crambe também o seja.

Segundo Souza et al. (2009) o crambe absorve grandes quantidades de N, o que pode ser justificada por seu elevado teor de proteína nos grãos.

Freitas (2010) avaliando a resposta do crambe às adubações em diferentes doses N (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), observou que a adubação nitrogenada diminuiu a massa específica dos grãos de crambe e afetou negativamente os teores de óleo nos grãos de.

## **2.8. Fósforo**

O fósforo é considerado nutriente essencial uma vez que satisfaz os dois 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. De acordo com Malavolta et al. (1997), o fósforo juntamente com o nitrogênio é o elemento mais prontamente redistribuído na planta.

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

Silva et al. (2011b), com experimentos conduzidos em Cascavel-PR, estudou o efeito do fósforo na cultura do crambe, obtendo resultados que condizem com as teorias a respeito da função do elemento fósforo, em seu contexto de nutrição para a planta. A adubação fosfatada na cultura do crambe aumentou significativamente o teor de óleo nos grãos e na produtividade do crambe.

Rogério et al., (2012), afirma que a adubação fosfatada aumentou significativamente a produtividade, porém, não diferiu significativamente na massa de 100 grãos do crambe

## **2.9. Potássio**

Para as plantas, de forma geral, o potássio está relacionado com a síntese de proteínas e de carboidratos, sendo que sua deficiência resulta em uma menor síntese de proteínas e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, como aminoácidos, amidas e nitrato.

Portanto, o adequado aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados depende, também, de um eficiente suprimento de potássio às plantas (FAQUIM, 1994; LOPES e GUILHERME, 1992). Além disso, o potássio é ainda responsável por promover o armazenamento de açúcares e amido, estimular o crescimento vegetativo e melhorar a utilização da água e a resistência a pragas e doenças (MALAVOLTA et al., 1989).

De acordo com Marschener (1995), uma das razões para que as plantas apresentam alto nível de exigência em potássio é o fato de haver uma necessidade em manter o seu teor do nutriente elevado no citoplasma das células, para garantir uma ótima atividade enzimática, pois esse nutriente não apresenta alta afinidade com compostos orgânicos, e para manter a neutralização de ânions e manutenção do pH em níveis adequados ao funcionamento das células.

Segundo Souza et al. (2009) são limitadas as informações sobre o potássio, mas o seu desbalanceamento pode comprometer a absorção e a dinâmica dos demais elementos no crambe.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização Experimental**

O experimento foi realizado em casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus I, Campina Grande-PB. As coordenadas geográficas do local são 7°12'52" Sul e 35°54'24" Oeste, e altitude de 550 m, (CARNEIRO et al., 2002).

#### **3.2. Período Experimental**

O período experimental teve duração de 90 dias; sendo iniciado em 24 de janeiro de 2013, com término em 24 de abril de 2013.

#### **3.3. O Clima do Local**

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação média anual de 802,7 mm, temperatura média de 27,5 °C e mínima de 19,2 °C; umidade relativa do ar média de 83% (ALVES et al., 2009).

Conforme classificação climática de Köeppen, adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), o clima da região é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, subúmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno.

#### **3.4. Características do Solo**

Como substrato utilizou-se um Neossolo *Quartzarênico* proveniente do município de Campina Grande-PB, coletado da camada superficial (0 - 20 cm), o qual foi caracterizado quanto os aspectos físicos e químicos segundo metodologia descrita pela Embrapa (2006).

As características químicas apresentaram os seguintes resultados: 2,8 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico; 4,8 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 0,2 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio; 14,3 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo assimilável; 7,1 de pH em água a 1:2,5; 0,12 mmhos/cm de condução

elétrica; 1,92; 1,44; 0,16; 0,19; 3,71 ; 0; 0 e 3,71 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de solo de cálcio, magnésio, sódio, potássio, soma das bases, hidrogênio, alumínio e capacidade de troca catiônica, respectivamente; sendo ausente o carbonato de cálcio qualitativo.

Quanto aos aspectos físicos, o solo foi caracterizado como Areia Franca, possuindo 1,64 g/cm<sup>3</sup> de densidade; 2,71 g cm<sup>-3</sup> de densidade das partículas; 39,48% de porosidade; 1,01% de umidade natural e 874; 50,5 e 75,5 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respctivamente. A capacidade de campo foi determinada pelo método citado por Andrade et al. (1998).

### **3.5. Variedade Utilizada**

A espécie estudada foi a *Crambe abyssinica* Hochst, oleaginosa que pertence a família Brassicaceae, também conhecida como Abyssinian Kale (OLIVA, 2010); cultivar FMS Brilhante, proveniente da Fundação Mato Grosso do Sul.

### **3.6. Delineamento Experimental**

Três experimentos foram realizados simultaneamente, sendo estabelecidos da seguinte maneira: nitrogênio (N) x fósforo (P); nitrogênio x potássio (K) e fósforo x potássio.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x4 com três repetições e três testemunhas (0 g kg<sup>-1</sup> de N e P), totalizando 51 unidades experimentais em cada experimento.

Os elementos N, P e K, foram utilizados nas seguintes doses: 30-; 60; 90; 120 kg N ha<sup>-1</sup> (N1, N2, N3 e N4); 50; 75; 100; 125 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (P1, P2, P3 e P4) e 50; 75; 100; 125 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (K1, K2, K3 e K4), respectivamente.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), através da utilização do software SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2000). E por se tratar de fatores quantitativos utilizou-se o tipo de regressão por polinômios ortogonais.

### **3.7. Instalação e Condução do Experimento**

Inicialmente, os vasos foram preenchidos com 20 kg de solo, sendo depositado sobre o solo 600 gramas de matéria orgânica a fim de garantir uma germinação uniforme das sementes de crambe.

As adubações com  $P_2O_5$ , proveniente de superfosfato simples, e com  $K_2O$ , proveniente de cloreto de potássio, foram aplicadas toda em fundação, com as dosagens correspondentes aos tratamentos.

Em seguida o solo foi irrigado até atingir a capacidade de campo, de forma a garantir a efetivação do processo de germinação e do desenvolvimento das plântulas.

O semeio foi feito diretamente nos vasos, utilizando-se sete sementes por vaso, distribuídas de forma equidistante, a uma profundidade de 0,02 m.

Aos quinze dias após o semeio (DAS) foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por unidade experimental.

A adubação nitrogenada, correspondente aos tratamentos, foi realizada de uma só vez, logo após o desbaste, utilizando-se como fonte de nitrogênio a ureia.

O conteúdo de água no solo, foi monitorado através de pesagem das unidades experimentais, e a irrigação foi realizada manualmente utilizando-se regadores, contendo água proveniente do sistema de abastecimento, mantendo-se capacidade de campo do solo.

O controle de pragas foi feito por meio da aplicação de pesticidas naturais.

As plantas foram colhidas em fase de maturação, aos 90 DAS, tempo correspondente ao fim do ciclo da cultura.

### **3.8. Variáveis Estudadas**

#### **3.8.1. Variáveis de Crescimento**

##### **3.8.1.1. Altura das Plantas (AP)**

A altura das plantas foi mensurada em metros, com uma trena medindo a distância do colo até o ápice da planta, a cada trinta dias, durante o ciclo da cultura.

### **3.8.1.2. Diâmetro Caulinar (DC)**

A leitura do diâmetro caulinar foi realizada com um paquímetro digital, em milímetros, na parte basal da planta, aos 60 DAS.

### **3.8.1.3. Número de Ramificações (NR)**

O número de ramificações por planta foi determinado aos 60 DAS, contando-se todos os ramos de cada planta, nas unidades experimentais.

## **3.8.2. Variáveis de Produção**

### **3.8.2.1. Massa Seca Total (MST)**

.Após a colheita, as plantas foram levadas à estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de 60 °C, até atingir peso constante. Posteriormente, foi mensurada em gramas, através de pesagem, a massa seca do caule juntamente com os ramos e folhas, o que equivale a MST.

### **3.8.2.2. Número de Grãos por Planta (NGP)**

O número de grãos por planta foi determinado após a colheita, fazendo-se o debulhamento manual e a contagem do número de silíquas de cada planta.

### **3.8.2.3. Massa de Mil Grãos (MMG)**

Após a coleta, foi determinado, em balança de precisão, o peso de 1000 grãos, sendo mensurado em gramas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Germinação das Sementes de Crambe

O ciclo do crambe teve início com a emergência das plântulas, no terceiro dia após o semeio (Figura 1).

Portanto, a dormência, fenômeno pelo qual sementes de uma determinada espécie, mesmo sendo viáveis e tendo todas as condições ambientais, deixam de germinar (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), não foi observada nesse experimento.

Concordando com Barros et al. (2009), que não constataram dormência nas sementes de crambe cultivadas em campo, e com Boiago et al. (2010), que avaliaram as características germinativas da cultura e também afirmam, que a planta não apresenta dormência das suas sementes.



**Figura 1.** Plantas de crambe após a germinação.

Entretanto, Carlson et al. (1996) dizem que em culturas anuais, inclusive no crambe, a dormência leva a subestimar a porcentagem de germinação e ocasiona emergência de plantas voluntárias no campo anos após a colheita. Também segundo Springdale (2005) e Cruciferae (1985) as sementes de crambe (*Crambe abyssinica*) apresentam leve dormência.

Pode-se afirmar que o material orgânico depositado sobre o solo, potencializou a germinação das sementes de crambe, permitindo uniformidade de 96% na fase de emergência das plântulas, independente do tratamento ao qual foram submetidas.

O substrato tem grande influência no processo germinativo, pois fatores como estrutura, aeração, capacidade de retenção de água, grau de infestação de patógenos, entre outros, podem favorecer ou prejudicar a germinação das sementes (PILAU et al., 2012). Resultados semelhantes foram encontrados por Barros et al. (2009) avaliando tratamentos para a superação de dormência de sementes de crambe em casa de vegetação.



## 4.2. Avaliação do Crescimento da Cultura

Os parâmetros avaliados aos trinta dias após o semeio (DAS), o que equivale a aproximadamente um terço do período experimental, permitiram constatar crescimento e desenvolvimento semelhantes das plantas de crambe, independente dos tratamentos empregados.

Durante o experimento observou-se que o comportamento do crambe é semelhante ao de inúmeras espécies onde a taxa de crescimento é inicialmente lenta, onde as maiores medidas não passaram dos 13,5 cm (Figura 2); porém aumentando continuamente; caracterizando um aumento exponencial do tamanho com o tempo.

As maiores diferenças em altura foram observadas comparando-se a medida realizada aos 30 e 60 DAS (Figura 2), configurando um ápice de crescimento em altura nesse período.



**Figura 2.** Vista lateral e superior do crambe aos 30 DAS e a planta aos 60 DAS, respectivamente.

Resultados similares foram verificados por Viana (2012) em seu experimento com doses de NPK 10-15-15. Na fase inicial de crescimento não verificou diferenças no comportamento de altura entre as plantas submetidas a doses de fertilizantes; e também evidenciou a medida máxima dessa variável por volta dos 45 DAS.

Desta forma, as plantas de crambe cultivadas com as diferentes doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), completaram seu ciclo com duração de 90 dias, atingindo, em sua maioria, estado de maturação nesse período.

### 4.3. Crescimento e Produção do Crambe Submetido a Doses de Nitrogênio e Fósforo

Na Tabela 1 podem ser observados os resultados da análise de variância para aos parâmetros de crescimento da cultura, em função da utilização dos fertilizantes minerais com nitrogênio e fósforo.

**Tabela 1.** Análise de variância para a altura das plantas (AP), diâmetro caulinar (DC) e número de ramificações (NR) do crambe, em função da utilização dos elementos nitrogênio (N) e fósforo (P).

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio				
		AP 30	AP 60	AP 90	DC	NR
Nitrogênio (N)	3	0,001 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>**</sup>	0,07 <sup>**</sup>	3,12 <sup>**</sup>	1628,19 <sup>**</sup>
Linear	1	-	0,26 <sup>**</sup>	0,17 <sup>**</sup>	6,85 <sup>**</sup>	4905,10 <sup>**</sup>
Quadrático	1	-	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>*</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
Fósforo (P)	3	0,0001 <sup>ns</sup>	0,019 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	112,91 <sup>ns</sup>
Linear	1	-	-	-	-	-
Quadrático	1	-	0,04 <sup>*</sup>	-	-	-
NvsP	9	0,0002 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	301,56 <sup>*</sup>
N dentro de P1	1	-	0,08 <sup>**</sup> (L)	-	-	2018,40 <sup>**</sup> (L)
N dentro de P2	1	-	0,11 <sup>**</sup> (L)	-	-	1638,03 <sup>**</sup> (L)
N dentro de P3	1	-	0,04 <sup>*</sup> (L)	-	-	976,06 <sup>*</sup> (L)
N dentro de P4	1	-	0,05 <sup>*</sup> (L)	-	-	549,03 <sup>*</sup> (L)
P dentro de N1	1	-	-	-	-	-
P dentro de N2	1	-	-	-	-	-
P dentro de N3	1	-	0,05 <sup>*</sup> (Q)	-	-	910,02 <sup>*</sup> (Q)
P dentro de N4	1	-	-	-	-	609,18 <sup>*</sup> (Q)
Testemuha vs Fator	1	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	26,75 <sup>**</sup>	2925,27 <sup>**</sup>
Test. vs N1P1	1	-	-	-	7,48 <sup>**</sup>	216,00 <sup>ns</sup>
Test. vs N1P2	1	-	-	-	8,64 <sup>**</sup>	620,17 <sup>*</sup>
Test. vs N1P3	1	-	-	-	7,15 <sup>**</sup>	651,04 <sup>*</sup>
Test. vs N1P4	1	-	-	-	9,37 <sup>**</sup>	805,04 <sup>*</sup>
Test. vs N2P1	1	-	-	-	16,17 <sup>**</sup>	308,17 <sup>ns</sup>
Test. vs N2P2	1	-	-	-	14,88 <sup>**</sup>	2109,37 <sup>**</sup>
Test. vs N2P3	1	-	-	-	18,20 <sup>**</sup>	1080,04 <sup>**</sup>
Test. vs N2P4	1	-	-	-	11,90 <sup>**</sup>	1014,00 <sup>**</sup>
Test. vs N3P1	1	-	-	-	24,40 <sup>**</sup>	4347,04 <sup>**</sup>
Test. vs N3P2	1	-	-	-	11,07 <sup>**</sup>	1305,37 <sup>**</sup>
Test. vs N3P3	1	-	-	-	22,23 <sup>**</sup>	1261,50 <sup>**</sup>
Test. vs N3P4	1	-	-	-	14,41 <sup>**</sup>	2340,37 <sup>**</sup>
Test. vs N4P1	1	-	-	-	16,66 <sup>**</sup>	2109,37 <sup>**</sup>
Test. vs N4P2	1	-	-	-	17,00 <sup>**</sup>	5017,04 <sup>**</sup>
Test. vs N4P3	1	-	-	-	14,41 <sup>**</sup>	3313,50 <sup>**</sup>
Test. 3vs N4P4	1	-	-	-	20,53 <sup>**</sup>	2262,04 <sup>**</sup>
Resíduo	34	0,0004	0,08	0,006	0,445	133,86
Média geral		0,08	0,98	1,07	10,44	59,96
CV (%)		25,79	8,76	7,74	6,39	19,30

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

Com exceção da altura das plantas aos 30 DAS e do número de ramificações, que possuem coeficiente de variação de alta e média dispersão respectivamente, todas as

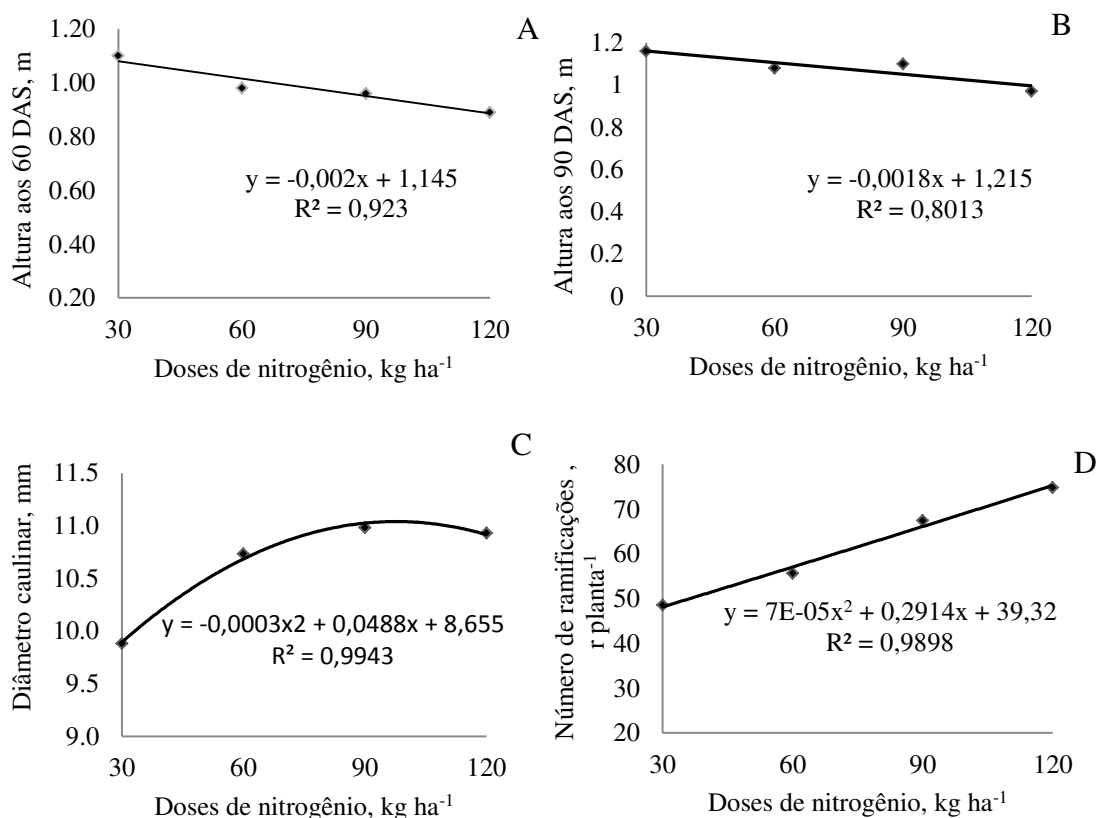
demais variáveis apresentaram coeficientes de variação considerados de baixa dispersão, conforme Gomes (2002), (Tabela 1).

Analisando os efeitos de cada elemento, os dados foram significantes apenas para a adubação nitrogenada (Tabela 1). Isso pode configurar maior exigência do crambe por esse nutriente. Pois como relatam Epstein e Bloom (2004) as espécies vegetais têm diferentes exigências nutricionais, necessitando de uma melhor exploração da planta para determinar suas necessidades em relação aos nutrientes.

Coedeiro et al. (1999) afirma que a canola é uma planta muito exigente em nutrientes, e de maneira geral, requer mais nitrogênio que a maioria das culturas. Por serem plantas da mesma família (Brassicaceae), espera-se que o crambe também o seja.

A aplicação do nitrogênio provocou efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade sobre a altura das plantas aos 60 e 90 DAS, diâmetro caulinar e número de ramificações.

A esses dados foram ajustadas equações do tipo linear e quadrática (Figura 3).



**Figura 3.** Altura aos 60 e 90 DAS, diâmetro caulinar e número de ramificações das plantas de crambe em função das doses de nitrogênio.

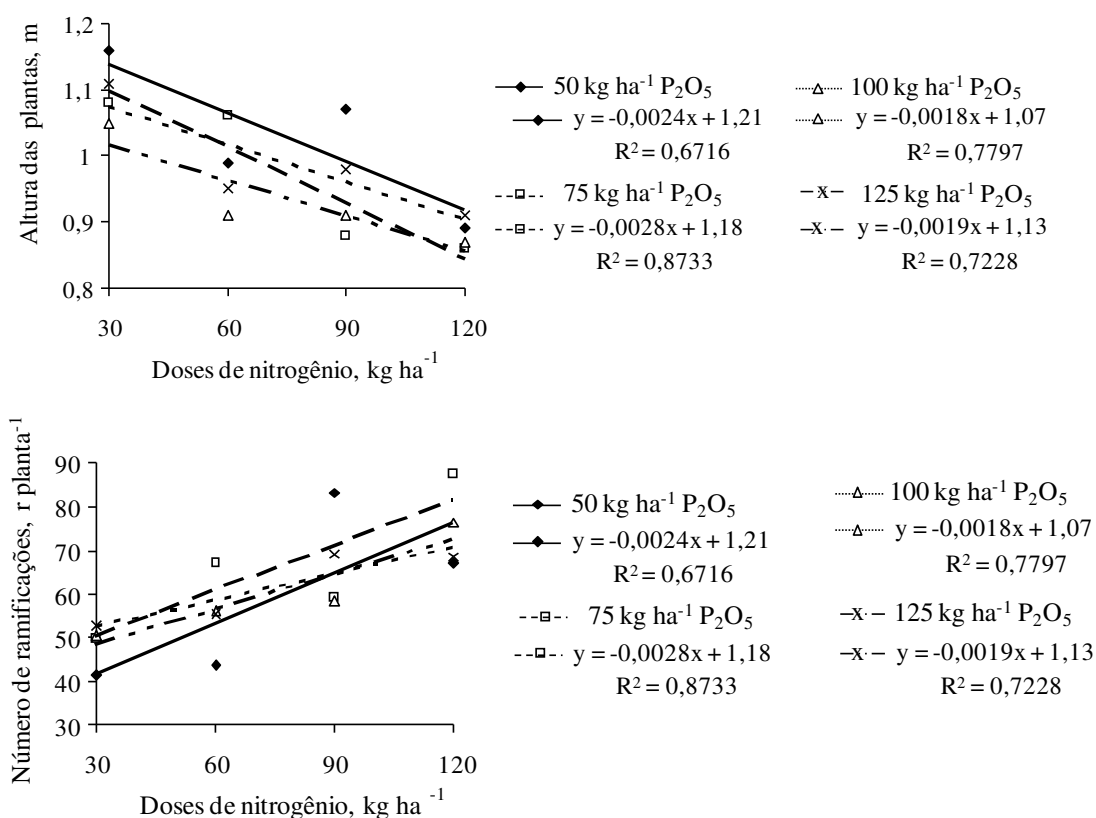
O incremento nas variáveis diâmetro caulinar e número de ramificações (Figura 3C e 3D) foi proporcional ao aumento da quantidade de nitrogênio aplicada. Os valores médios de DC variaram entre 9,88 e 10,93 mm, e para o número de ramificações essa variação ficou entre 49 e 75; sendo os menores e maiores valores atingidos com a aplicação de 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

A média final de altura das plantas variou entre 1,16 e 0,97 m (Figura 3B), equivalentes a menor e maior dose de nitrogênio, respectivamente. Podendo-se afirmar portanto, que o aumento dos níveis de nitrogênio não provocou alterações significativas nesse parâmetro.

Freitas (2010) relata não encontrar resposta ao nitrogênio (N) em relação a altura de planta, quando este nutriente foi aplicado em cobertura.

Avaliando a utilização do nitrogênio unido ao fósforo, houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade apenas para o número de ramificações (Tabela 1).

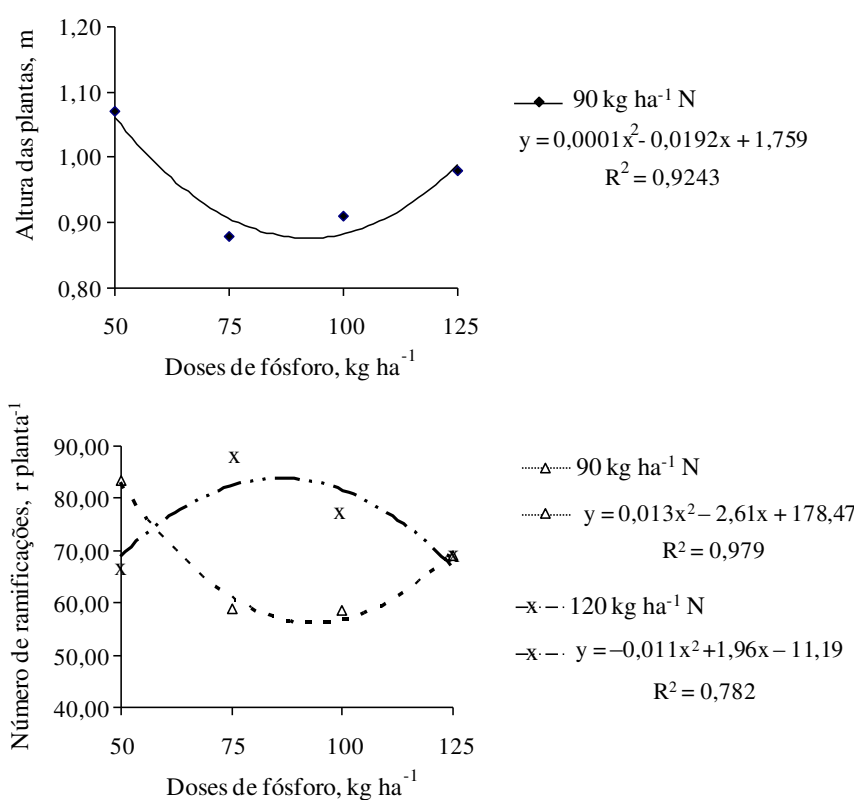
Quando aplicada a regressão, o efeito do N com as doses de P de 50 e 75 kg ha<sup>-1</sup> provocou significância ao nível de 1% de probabilidade e 5% com 100 e 125 kg ha<sup>-1</sup> do elemento, para as variáveis altura das plantas aos 60 DAS e número de ramificações, (Tabela 1, Figura 4).



**Figura 4.** Altura das plantas e número de ramificações em função da utilização N, considerando a aplicação das doses de P.

O fósforo não provocou efeito significativo em nenhuma das variáveis analisadas. Discordando de Colodetti (2013), que em experimento com crambe verificou que com relação à condição de deficiência de P, as plantas apresentaram tendência de paralização do crescimento com taxa de crescimento extremamente reduzida após a germinação.

O efeito desse elemento utilizado juntamente com a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, provocou significância de 5% de probabilidade na altura das plantas aos 60 DAS e número de ramificações. O mesmo pode ser observado para o NR, quando as plantas foram submetidas a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 5).



**Figura 5.** Altura das plantas e número de ramificações em função da utilização do P, considerando a aplicação das doses de 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Comparando as plantas cultivadas sem a adição de fertilizantes ao solo (testemunha) com as submetidas às doses dos elementos nitrogênio e fósforo (fator), houve significância ao nível de 1% de probabilidade com relação ao diâmetro do caule e número de ramificações (Tabela 1).

A média de ramificações das plantas que cresceram sem adubação foi equivalente a 30 ramos por planta, enquanto que, para as plantas submetidas a maior dose de N e P (N4P4) foi 68, equivalendo a um aumento de 127%.

Para o diâmetro do caule esses valores foram de 11,25 mm correspondente a plantas submetidas a N4P4, e 7,55 mm para a testemunha, ocorrendo um incremento de 49%.

Observa-se, portanto, que o aumento no teor desses elementos disponibilizados na fase inicial do desenvolvimento da cultura, principalmente no que diz respeito ao nitrogênio, estimulou o crescimento, alterando a morfologia da planta de maneira típica. O que torna-se evidente, pois os mesmos possuem papel fundamental no metabolismo vegetal.

O N participa diretamente na biossíntese de proteínas e clorofilas (ANDRADE et al., 2003). Taiz e Zeiger (2004), afirmam que o nitrogênio (N) é constituinte de vários componentes da célula vegetal, dentre estes, aminoácidos e ácidos nucleicos. Além de compor a molécula de clorofila e auxiliar nas reações de síntese proteica. Esta, quando inibida reduz o processo de divisão celular.

Muito embora as doses de fósforo utilizadas não tenham provocado efeito significativo, o que pode indicar que a quantidade do elemento presente naturalmente no solo foi suficiente para suprir as necessidades nutricionais da planta com relação a esse elemento, o fósforo é considerado essencial uma vez que satisfaz os dois 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, além de estar relacionado com a síntese de proteínas, óleos e gorduras, formando estruturas como fosfolipídeos, que se encontram em várias partes da célula (MALAVOLTA et al., 1997).

De acordo com Malavolta et al. (1997), o fósforo juntamente com o nitrogênio é o elemento mais prontamente redistribuído na planta.

A utilização da adubação com esses elementos também provocou efeitos significativos sobre as variáveis de produção da cultura do crambe (Tabela 2).

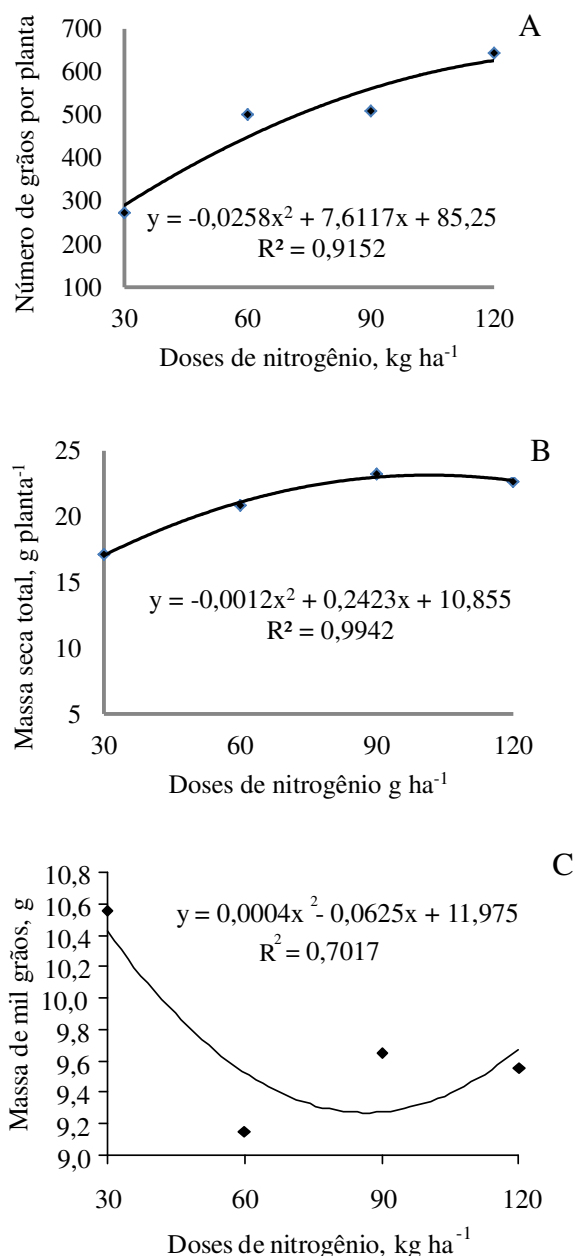
O nitrogênio causou significância ao nível de 1% de probabilidade em todas as variáveis de produção analisadas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análise de variância para o número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e massa seca total (MST) do crambe, em função da utilização dos elementos nitrogênio (N) e fósforo (P).

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio		
		NGP	MMG	MST
Nitrogênio (N)	3	283700,90**	4,18**	90,87**
Linear	1	753200,10**	3,77*	215,48**
Quadrático	1	25622,52 <sup>ns</sup>	5,11*	55,50**
Desvio	1	72280,10 <sup>ns</sup>	3,67*	1,62 <sup>ns</sup>
Fósforo (P)	3	19106,75 <sup>ns</sup>	5,23**	18,07*
Linear	1	442,81 <sup>ns</sup>	2,18 <sup>ns</sup>	3,14 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	31518,75 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	42,10**
Desvio	1	25358,70 <sup>ns</sup>	11,99**	8,98 <sup>ns</sup>
N x P	9	45743,49*	2,42*	8,16 <sup>ns</sup>
N dentro de P1	1	113102,08*(Q)	3,76*(Q)	142,49***(L)
N dentro de P2	1	787760,41***(L)	11,74***(Q)	32,23*(L)
N dentro de P3	1	108077,70*(L)	-	20,29*(Q)
N dentro de P4	1	99023,43*(L)	-	21,63*(Q)
P dentro de N1	1	-	7.608***(Q)	-
P dentro de N2	1	-	-	20,67*(L)
P dentro de N3	1	-	7.86***(L)	62,97***(Q)
P dentro de N4	1	-	-	-
Test. vs Fator	1	204155,20**	2,109 <sup>ns</sup>	129,20**
Teste vs N1P1	1	3243,37 <sup>ns</sup>	1,443 <sup>ns</sup>	8,90 <sup>ns</sup>
Teste vs N1P2	1	260,04 <sup>ns</sup>	21,785**	7,43 <sup>ns</sup>
Teste vs N1P3	1	16642,66 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	14,04 <sup>ns</sup>
Teste vs N1P4	1	15862,04 <sup>ns</sup>	0,973 <sup>ns</sup>	23,90*
Teste vs N2P1	1	151368,16**	0,454 <sup>ns</sup>	37,77**
Teste vs N2P2	1	75040,16*	0,206 <sup>ns</sup>	48,25**
Teste vs N2P3	1	123553,50*	0,293 <sup>ns</sup>	86,75**
Teste vs N2P4	1	157302,04**	1,215 <sup>ns</sup>	103,02**
Teste vs N3P1	1	167668,16**	0,073 <sup>ns</sup>	236,25**
Teste vs N3P2	1	228540,16**	1,173 <sup>ns</sup>	44,47**
Teste vs N3P3	1	114126,04*	0,001 <sup>ns</sup>	97,00**
Teste vs N3P4	1	50416,66 <sup>ns</sup>	9,365**	153,01**
Teste vs N4P1	1	70742,04 <sup>ns</sup>	0,358 <sup>ns</sup>	156,06**
Teste vs N4P2	1	724885,04**	2,948 <sup>ns</sup>	77,50**
Teste vs N4P3	1	230496,00**	0,129 <sup>ns</sup>	81,80**
Teste vs N4P4	1	265230,37**	0,495 <sup>ns</sup>	122,17**
Tratamentos	16	95266,85**	3,26**	33,09**
Resíduo	34	17632,66	0,89	4,809
Média geral		465,91	9,68	20,56
CV (%)		28,50	9,75	10,66

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

Aos dados de número de grãos por planta, massa de mil grãos e massa seca total, em função da utilização do N, foram ajustadas equações do tipo quadráticas, conforme figura 6.



**Figura 6.** Número de grãos por planta, massa seca total e massa de mil grãos das plantas de crambe, em função das doses crescentes de nitrogênio.

A elevação dos níveis de nitrogênio no solo não provocou aumento da massa de mil grãos, sendo os maiores valores obtidos com o uso da menor dosagem do elemento (Figura 6C).

Porém as plantas que desenvolveram com o N disponível em doses maiores, obtiveram maior vigor vegetativo, o que foi caracterizado pelo aumento na quantidade de pigmento fotossintetizante, maior quantidade de ramificações, folhas e frutos; sendo conseqüentemente, maior a geração de massa seca total (Figura 6B) e número de grãos por planta (Figura 6A).

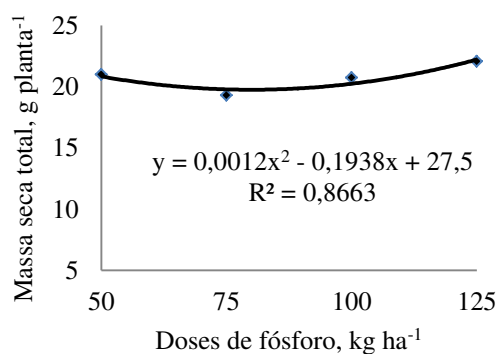


Segundo Seemann et al., (1987), a capacidade fotossintética depende do suprimento de nitrogênio, pois grande parte do nitrogênio das folhas está alocado nas proteínas envolvidas no processo fotossintético. Sabendo-se que o crambe por ser uma oleaginosa possui considerável gasto energético, e, portanto maior taxa de realização de fotossíntese, conseqüentemente serão necessários maiores índices de N para que ocorra incremento na produção.

O aumento no número de grãos e na massa seca total das plantas de crambe submetidas a maior dose de N, foram respectivamente 144 e 39,31% maiores em relação às plantas cultivadas com a menor dose, referente a 30 k ha<sup>-1</sup> de N.

Estes resultados estão de acordo com relatos de Vechiatto e Fernandes (2011) que obtiveram diferença significativa entre doses de nitrogênio (N) aplicados em cobertura (0; 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) no crambe. Com a dosagem de 120 kg ha<sup>-1</sup> as plantas apresentaram maior quantidade massa seca. Para os autores, isto demonstra a importância da aplicação de N na produção de massa seca, proporcionando aumento da matéria orgânica no solo.

O efeito da adubação apenas com fósforo provocou significância a 1 e 5% de probabilidade para as variáveis massa de mil grãos e massa seca total (Tabela 2), respectivamente. Porém o aumento das doses do elemento não causou incremento nessas variáveis, conforme pode ser observado na figura 7 para a massa seca total.



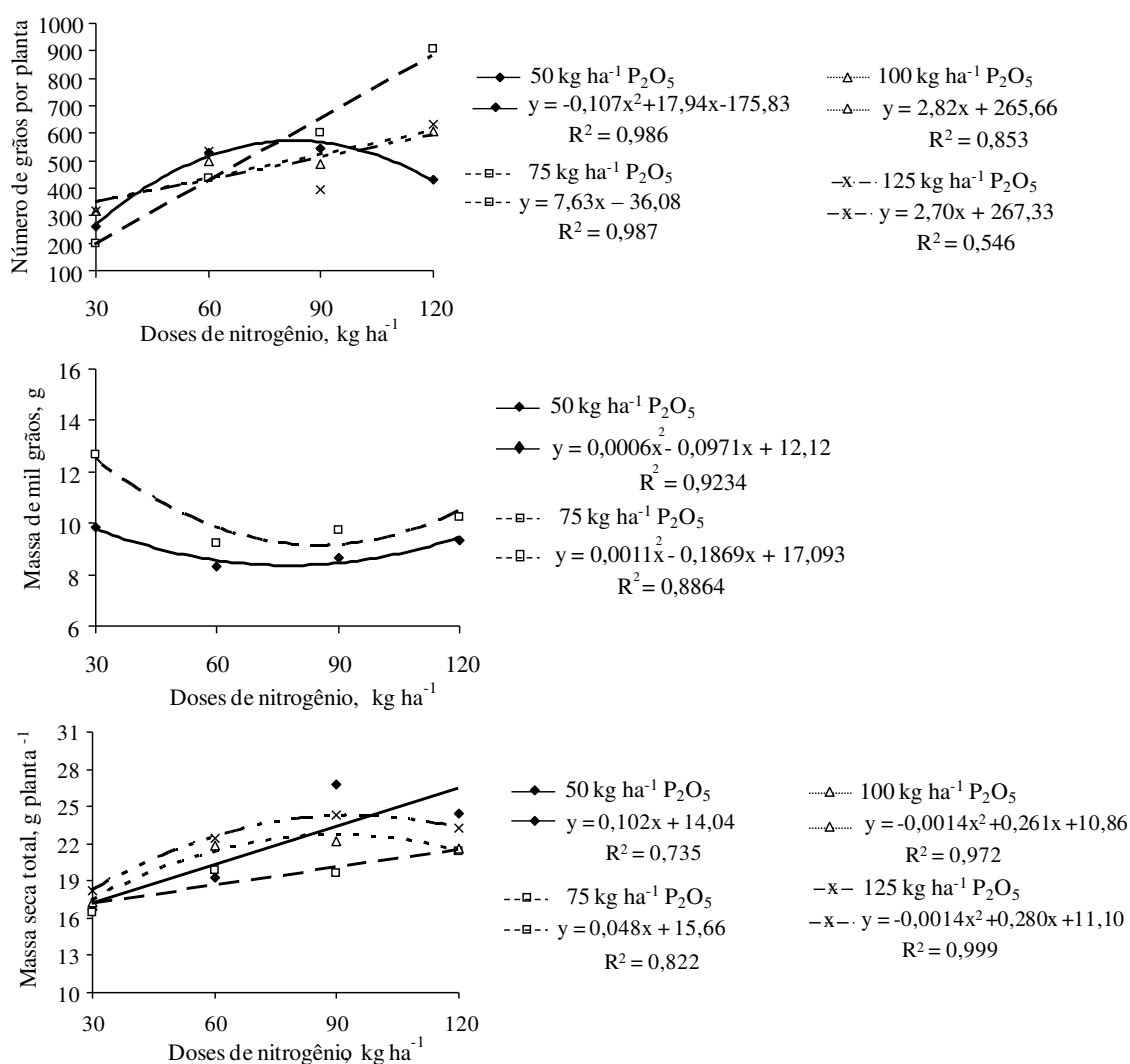
**Figura 7.** Massa seca total das plantas de crambe, em função das doses crescentes de fósforo.

Pitol et al. (2010), em experimento à campo, conduzido afim de avaliar o efeito isolado de N, P e K sobre a produtividade de plantas de crambe, observaram ganhos com a adubação com N e K, com comportamento quadrático com ponto de máximo em resposta às doses crescentes de adubação; já as respostas às doses crescentes de P não foram significativas.

Viana (2013), não observou diferença estatística para a massa seca de plantas. Para o autor estes resultados estão de acordo com Freitas (2010) que avaliou a aplicação de fertilizante em crambe nas doses de 0, 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 0-20-20. Semelhante a Silva et al., (2011) que avaliou a influência da adubação com fósforo (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e zinco (0 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) no crambe.

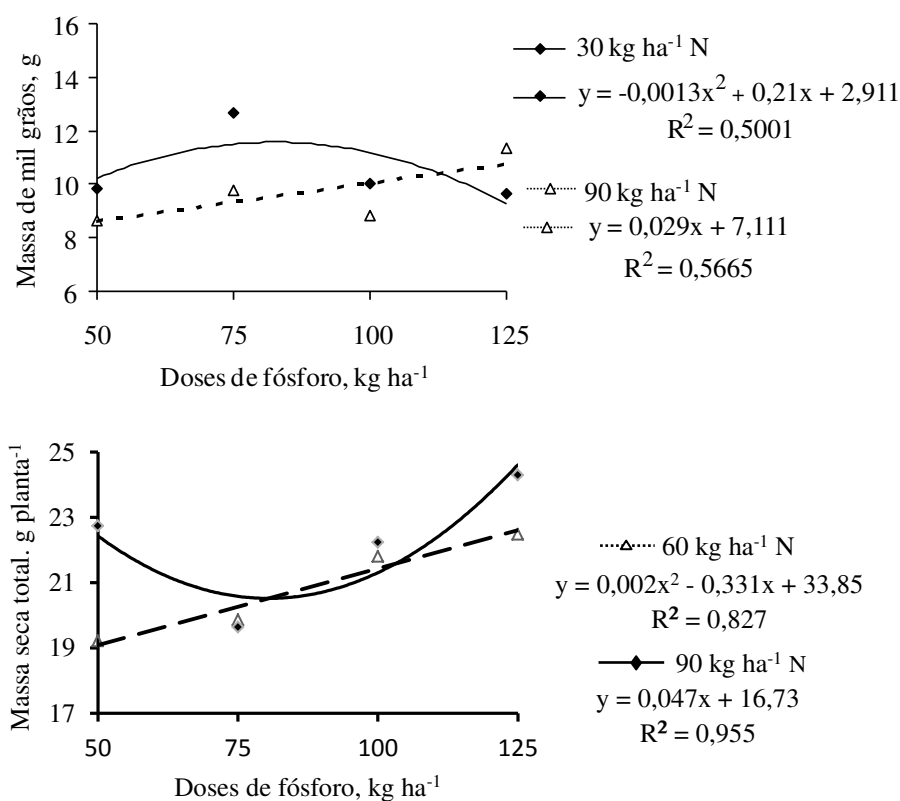
Quando considerado o efeito da utilização do N juntamente com o P, houve significância de 5% de probabilidade para o número de grãos e massa de mil grãos (Tabela 2).

Com a regressão dos dados dessas variáveis, observa-se que para o nitrogênio aplicado concomitantemente com as doses de 50 e 75k ha<sup>-1</sup>, houve significância de 5 e 1% de probabilidade, e ainda de 5% para a o número de grãos, considerando os níveis de 100 e 125k ha<sup>-1</sup> de fósforo. O mesmo pode ser observado para a MST, quando apenas a menor do de P obteve significância ao nível de 1% de probabilidade (Figura 9).



**Figura 8.** Número de grãos por planta, massa de mil grãos e massa seca total em função da utilização do N, considerando a aplicação das doses crescentes de fósforo.

Quando feita a regressão para a variação das doses de N aplicadas junto com P, houve significância a 1% de probabilidade para a massa de mil grãos nas doses de 30 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, e ao nível de 5 e 1% de probabilidade para a massa seca total, referente a aplicação das doses de 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Tabela 2, Figura 9).



**Figura 9.** Massa de mil grãos e massa seca total em função da utilização do P, considerando a aplicação das doses crescentes de nitrogênio.

No entanto não houve incremento maior se considerado o efeito da aplicação do nitrogênio isoladamente.

Comparando a testemunha com o fator, ou seja, as plantas que foram submetidas à adubação conjunta com os elementos nitrogênio e fósforo, houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para a produção de grãos e massa seca total (Tabela 2).

A testemunha e o fator que continha a maior dose de N e P apresentaram médias respectivamente iguais a 213 e 633 para a produção de grãos por planta e 14,20 e 23,23 gramas de massa seca total, o que equivale a um aumento de 197% e 63,60% nessas variáveis, respectivamente.

#### 4.4. Crescimento e Produção do Crambe Submetido a Doses de Nitrogênio e Potássio

Os resultados da análise de variância dos parâmetros de crescimento crambe, referentes a avaliação do experimento com nitrogênio e potássio, podem ser observados na tabela 3.

**Tabela 3.** Análise de variância para a altura das plantas (AP), diâmetro do caulinar (DC) e número de ramificações (NR) do crambe, em função da utilização dos elementos nitrogênio (N) e potássio (K).

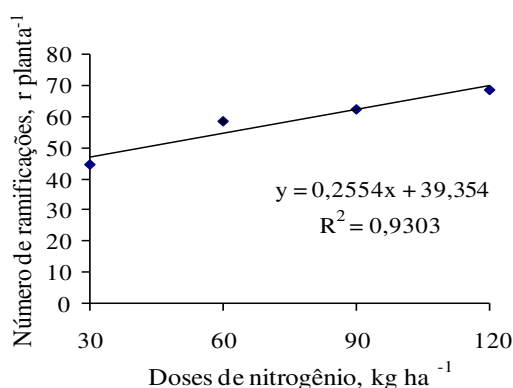
Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio			DC	NR
		AP 30	AP 60	AP 90		
Nitrogênio (N)	3	0,0001 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	2,86 <sup>ns</sup>	1261,42 <sup>**</sup>
Linear	1	-	-	-	-	3522,83 <sup>**</sup>
Quadrático	1	-	-	-	-	174,42 <sup>ns</sup>
Potássio (K)	3	0,0001 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	16,31 <sup>ns</sup>
N x K	9	0,0002 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	137,93 <sup>ns</sup>
N dentro de K1	1	-	-	-	-	1915,35 <sup>**</sup> (L)
N dentro de K2	1	-	-	-	-	-
N dentro de K3	1	-	-	-	-	2094,50 <sup>**</sup> (L)
N dentro de K4	1	-	-	-	-	-
K dentro de N1	1	-	-	-	-	-
K dentro de N2	1	-	-	-	-	-
K dentro de N3	1	-	-	-	-	-
K dentro de N4	1	-	-	-	-	-
Testemuha vs Fator	1	0,0005 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	28,12 <sup>**</sup>	2381,42 <sup>**</sup>
Test. vs N1P1	1	-	-	-	7,04 <sup>*</sup>	96,00 <sup>ns</sup>
Test. vs N1P2	1	-	-	-	3,45 <sup>ns</sup>	368,16 <sup>ns</sup>
Test. vs N1P3	1	-	-	-	12,18 <sup>**</sup>	222,04 <sup>ns</sup>
Test. vs N1P4	1	-	-	-	16,66 <sup>**</sup>	876,04 <sup>**</sup>
Test. vs N2P1	1	-	-	-	22,42 <sup>**</sup>	1204,16 <sup>**</sup>
Test. vs N2P2	1	-	-	-	23,80 <sup>**</sup>	1768,16 <sup>**</sup>
Test. vs N2P3	1	-	-	-	15,52 <sup>**</sup>	640,66 <sup>*</sup>
Test. vs N2P4	1	-	-	-	12,90 <sup>**</sup>	1568,16 <sup>**</sup>
Test. vs N3P1	1	-	-	-	11,76 <sup>**</sup>	1926,04 <sup>**</sup>
Test. vs N3P2	1	-	-	-	16,50 <sup>**</sup>	1093,50 <sup>**</sup>
Test. vs N3P3	1	-	-	-	16,33 <sup>**</sup>	2035,04 <sup>**</sup>
Test. vs N3P4	1	-	-	-	15,04 <sup>**</sup>	1536,00 <sup>**</sup>
Test. vs N4P1	1	-	-	-	24,40 <sup>**</sup>	2795,04 <sup>**</sup>
Test. vs N4P2	1	-	-	-	12,61 <sup>**</sup>	1717,04 <sup>**</sup>
Test. vs N4P3	1	-	-	-	20,90 <sup>**</sup>	3197,04 <sup>**</sup>
Test. vs N4P4	1	-	-	-	16,83 <sup>**</sup>	1700,16 <sup>**</sup>
Resíduo	34	0,0002	0,02	0,01	1,13	103,35
Média geral		0,08	1,01	1,17	10,52	57,00
CV (%)		17,10	13,00	8,71	10,11	17,84

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

As variáveis apresentaram CV de média dispersão, com exceção da altura das plantas aos 90 DAS (AP 90), que apresentou coeficiente de variação de baixa dispersão, conforme Pimentel Gomes (2002), (Tabela 3).

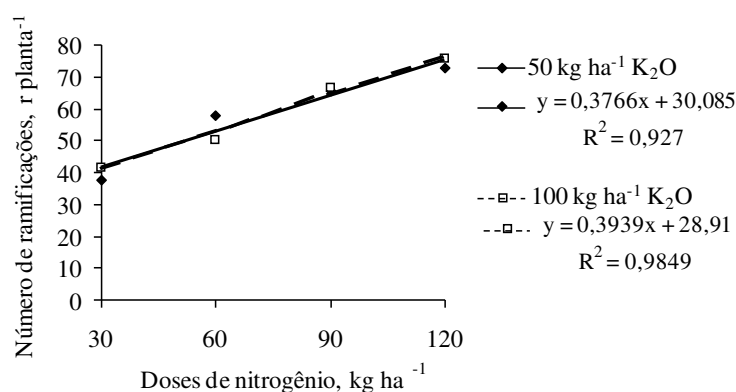
A utilização do nitrogênio na adubação, influenciou significativamente apenas o número de ramificações, ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 3, Figura 10).

Estando de acordo com Freitas (2010) que não encontraram resposta ao nitrogênio para a altura da planta, quando este nutriente foi aplicado em cobertura. Ao contrário do que foi descrito por Vechiatto e Fernandes (2011), os quais observaram que a adubação nitrogenada influenciou o desenvolvimento das plantas de crambe.



**Figura 10.** Número de ramificações das plantas de crambe em função das doses de nitrogênio.

A variação das doses de potássio aplicadas juntamente com o nitrogênio, teve significância a 1% de probabilidade, quando feita a regressão (Tabela 3). O comportamento dessa variável foi relevante à forma linear, conforme representado na figura 11.



**Figura 11.** Número de ramificações das plantas de crambe em função das doses de nitrogênio, considerando a aplicação de 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de potássio.

Nota-se que não houve diferença no NR das plantas de crambe, conforme o aumento da dose 50 kg ha<sup>-1</sup> para 100 kg ha<sup>-1</sup> de K (Figura 11).

O incremento no NR foi diretamente proporcional ao aumento das doses de nitrogênio, independente da aplicação de potássio (Figura 11). As plantas submetidas a

maior dose de N ( $120 \text{ k ha}^{-1}$ ), apresentaram número médio de ramificações igual a 69, enquanto que as plantas cultivadas com a dose de  $30 \text{ k ha}^{-1}$  desse elemento, obtiveram uma média de 45 ramificações por planta (Figura 10).

Concordando com Camargo et al. (2012), quando afirmam que para o N respostas seriam esperadas em condições poucos favoráveis à liberação desse elemento da matéria orgânica do solo, como no solo utilizado, o qual continha baixos teores de matéria orgânica.

Nenhuma das variáveis apresentou efeito significativo em função da aplicação de doses de potássio (Tabela 3). Concordando com Freitas (2010) que também não encontrou diferença significativa entre os resultados da aplicação de  $\text{K}_2\text{O}$  em crambe

Porém, considerando-se que o potássio participa da maioria dos processos biológicos em uma planta e quando não disponibilizado na dose mínima pode reduzir desenvolvimento da cultura e conseqüentemente, a produtividade (MALAVOLTA, 1997; CASTRO e OLIVEIRA, 2005), pode-se dizer que as quantidades de potássio presentes no solo foram suficientes quanto às exigências nutricionais da cultura por esse elemento, não havendo otimização do cultivo, conforme o aumento dos níveis desse macronutriente.

Comparando-se os tratamentos que receberam doses de NvsK com a testemunha (Test. vs Fator), houve significância ao nível de 1% de probabilidade para o número de ramificações e para os valores de diâmetro caulinar (Tabela 3).

O diâmetro das plantas submetidas a maior dose de N e K ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), alcançaram medidas de até 11,85 mm, enquanto que, para a testemunha as medidas máximas foram de 8,15 mm. Havendo, portanto, aumento de 45,40% no diâmetro das plantas de crambe.

Resultados semelhantes foram descritos por Viana (2013), o qual também verificou acréscimo da medida dos parâmetros avaliados, em relação à testemunha, conforme utilização das doses de NPK.

Discordando de Pitol et al. (2010). Estes autores, ao avaliarem doses de 100, 200,  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado NPK 07-24-24 e a testemunha no plantio de crambe, em Maracaju – MS, não encontraram diferenças estatísticas entre os resultados.

Quando analisadas as variáveis de produção do crambe, verifica-se que quando utilizados os elementos nitrogênio e potássio na adubação, apenas o nitrogênio

provocou efeito significativo no número de grãos por planta (NGP) e massa seca total (MST), a 1% de probabilidade (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise de variância para número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e massa seca total (MST) do crambe, em função da utilização dos elementos nitrogênio (N) e potássio (K).

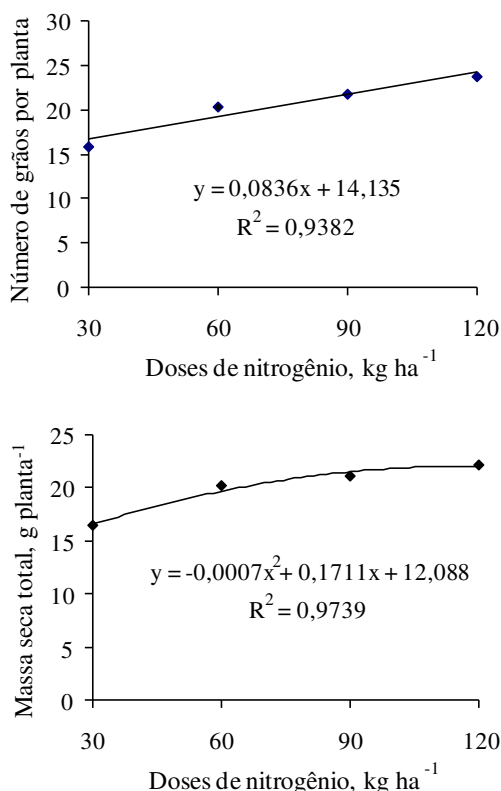
Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio		
		NGP	MMG	MST
Nitrogênio (N)	3	134,12 <sup>**</sup>	0,271 <sup>ns</sup>	75,02 <sup>**</sup>
Linear	1	377,50 <sup>**</sup>	0,037 <sup>ns</sup>	198,20 <sup>**</sup>
Quadrático	1	18,60 <sup>ns</sup>	0,678 <sup>ns</sup>	21,08 <sup>*</sup>
Desvio	1	6,26 <sup>ns</sup>	0,100 <sup>ns</sup>	5,77 <sup>ns</sup>
Potássio (K)	3	13,65 <sup>ns</sup>	0,574 <sup>ns</sup>	2,39 <sup>ns</sup>
Linear	1	40,54 <sup>*</sup>	0,031 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,03 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	5,88 <sup>ns</sup>
Desvio	1	0,38 <sup>ns</sup>	1,689 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
N x K	9	5,63 <sup>ns</sup>	1,527 <sup>*</sup>	5,90 <sup>ns</sup>
N dentro de K1	1	116,05 <sup>**</sup> (L)	5,32 <sup>**</sup> (L)	-
N dentro de K2	1	78,43 <sup>**</sup> (L)	-	82,005 <sup>**</sup> (L)
N dentro de K3	1	132,69 <sup>**</sup> (L)	-	38,85 <sup>**</sup> (L)
N dentro de K4	1	31,73 <sup>*</sup> (Q)	3,349 <sup>*</sup> (Q)	107,09 <sup>**</sup> (L)
K dentro de N1	1	-	3,14 <sup>*</sup> (Q)	-
K dentro de N2	1	-	-	17,62 <sup>*</sup> (L)
K dentro de N3	1	28,80 <sup>*</sup> (L)	2,77 <sup>*</sup> (Q)	-
K dentro de N4	1	-	-	-
Testemuha vs Fator	1	96,780 <sup>**</sup>	2,44 <sup>ns</sup>	93,46 <sup>**</sup>
Test. vs N1P1	1	0,03 <sup>ns</sup>	6,920 <sup>**</sup>	23,62 <sup>**</sup>
Test. vs N1P2	1	0,36 <sup>ns</sup>	1,193 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>
Test. vs N1P3	1	5,89 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	10,68 <sup>ns</sup>
Test. vs N1P4	1	10,12 <sup>ns</sup>	1,788 <sup>ns</sup>	3,13 <sup>ns</sup>
Test. vs N2P1	1	23,87 <sup>ns</sup>	1,094 <sup>ns</sup>	108,37 <sup>**</sup>
Test. vs N2P2	1	56,85 <sup>**</sup>	1,688 <sup>ns</sup>	43,98 <sup>**</sup>
Test. vs N2P3	1	46,94 <sup>**</sup>	1,335 <sup>ns</sup>	36,40 <sup>**</sup>
Test. vs N2P4	1	75,41 <sup>**</sup>	0,057 <sup>ns</sup>	38,25 <sup>**</sup>
Test. vs N3P1	1	44,54 <sup>**</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	49,59 <sup>**</sup>
Test. vs N3P2	1	70,82 <sup>**</sup>	5,109 <sup>**</sup>	75,33 <sup>**</sup>
Test. vs N3P3	1	62,55 <sup>**</sup>	1,054 <sup>ns</sup>	74,80 <sup>**</sup>
Test. vs N3P4	1	156,27 <sup>**</sup>	0,718 <sup>ns</sup>	85,27 <sup>**</sup>
Test. vs N4P1	1	120,03 <sup>**</sup>	0,269 <sup>ns</sup>	74,62 <sup>**</sup>
Test. vs N4P2	1	93,04 <sup>**</sup>	1,540 <sup>ns</sup>	95,80 <sup>**</sup>
Test. vs N4P3	1	202,13 <sup>**</sup>	0,582 <sup>ns</sup>	80,41 <sup>**</sup>
Test. vs N4P4	1	100,73 <sup>**</sup>	5,472 <sup>**</sup>	135,99 <sup>**</sup>
Tratamentos	16	36,92 <sup>**</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	23,6 <sup>**</sup>
Resíduo	34	5,96	0,63	2,87
Média geral		20,06 <sup>(*)</sup>	9,74	19,61
CV (%)		12,17	8,18	8,65

\*:\*\*:Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>(\*)</sup>:Dados transformados por  $\sqrt{X}$ .

Conforme classificação de Pimentel Gomes (2002), o número de grãos por planta apresentou coeficiente de variação de média dispersão, e os demais coeficientes podem ser considerados de baixa dispersão (Tabela 4), evidenciando a precisão dos dados.

Como resultado da adubação nitrogenada foi verificado aumento no número de grãos por planta e na massa seca total. As plantas submetidas aos tratamentos com maior dose de nitrogênio, 120 kg ha<sup>-1</sup>, produziram em média 566 grãos, enquanto que aquelas cultivadas com apenas 30 kg ha<sup>-1</sup> desse elemento, tiveram uma média de aproximadamente 254 grãos, o que equivale a um aumento de 122,83%.

O mesmo efeito pode ser verificado para a produção de massa seca total das plantas, a qual aumentou em 35% (Figura 12).



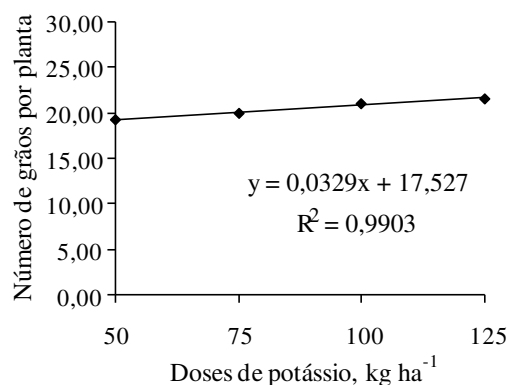
**Figura 12.** Número de grãos por planta (NGP) e massa seca total (MST) das plantas de crambe, em função das doses crescentes de nitrogênio.

Discordando de Lunelli (2012), quando afirma que a produtividade de grãos do crambe não apresentou diferenças significativas quanto aos arranjos de adubação.

Camargo et al., (2012) observou que o tratamento com adubação de semeadura em crambe, apresentou maior produção de massa seca, em relação ao tratamento sem adubação, mas estatisticamente os tratamentos não diferiram entre si.

Não houve efeito significativo para nenhum dos parâmetros quanto à aplicação da adubação potássica. Porém, quando realizada a regressão dos dados, os resultados do NGP foram significativos a 5% probabilidade e relevantes à forma linear (Figura 13).





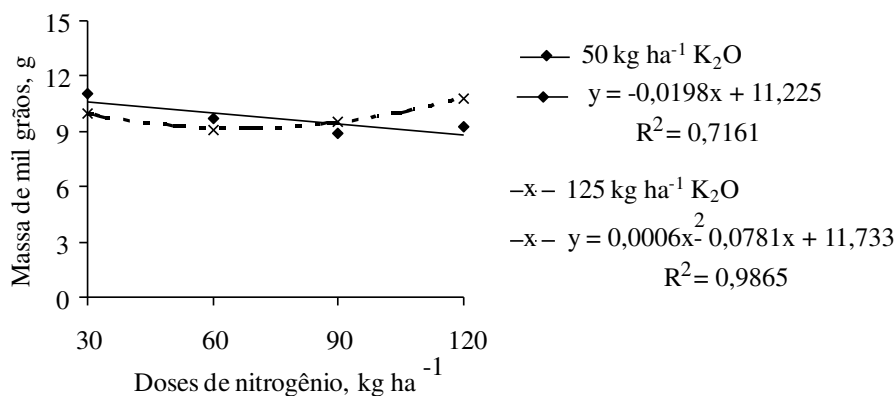
**Figura 13.** Número de grãos por planta (NGP) das plantas de crambe, em função das doses crescentes de potássio.

Observando a figura 13 pode-se afirmar que não ocorreu aumento considerável no número de sementes por planta, conforme o aumento das doses de K.

Segundo Lunelli (2012), um dos tratamentos que menos contribuiu para o aumento na produtividade de grãos de crambe foi o potássio individualmente.

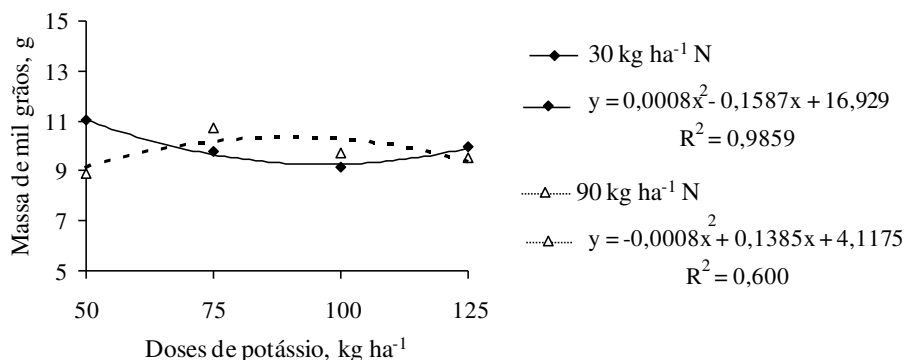
Porém Martins et al., (2013) afirmam que a produtividade de grãos de crambe foi limitada aos baixos teores de K no solo. Para os autores a baixa disponibilidade de K no solo (< 30 mg dm<sup>-3</sup> de K) proporcionou produtividade de grãos de crambe inferior a 30% da produtividade máxima.

Houve significância, respectivamente, de 1 e 5% de probabilidade na adição de 50 k ha<sup>-1</sup> e 125 k ha<sup>-1</sup> de potássio com o N, para a massa de mil grãos (Tabela 4, Figura 14).



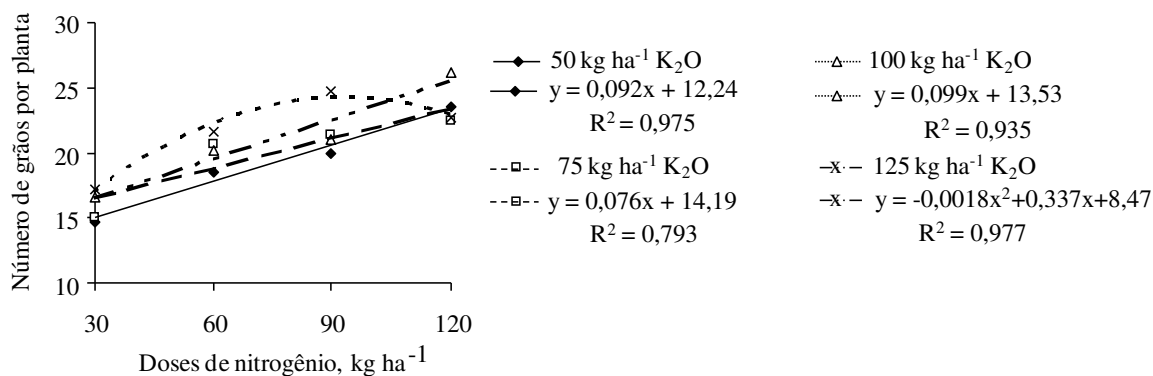
**Figura 14.** Massa de mil grãos, em função da utilização do N, considerando a aplicação 50 k ha<sup>-1</sup> e 125 k ha<sup>-1</sup> de potássio.

Quando observado o efeito do potássio com a variação das doses de nitrogênio, houve significância ao nível de 5% de probabilidade, quando utilizadas as doses de 30 e 90 k ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 4, Figura 15).



**Figura 15.** Massa de mil grãos, em função da utilização do K, considerando a aplicação 30 k ha<sup>-1</sup> e 90 k ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Quando feita a regressão dos dados, observa-se significância ao nível de 1% de probabilidade para o número de grãos por planta, para o N aplicado junto com as doses crescentes de k, com exceção da maior dosagem de 125 k ha<sup>-1</sup>, que apresentou significância de 5% de probabilidade (Tabela 4, Figura 16).



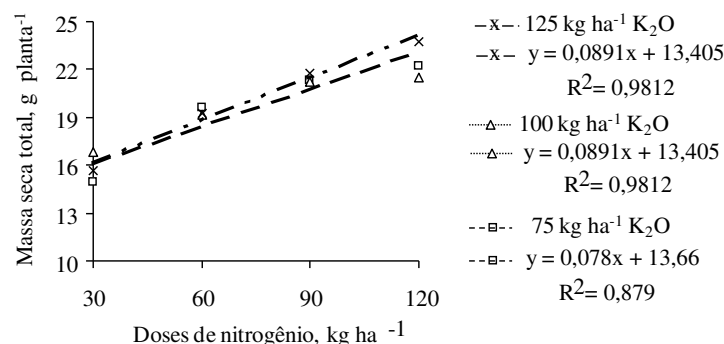
**Figura 16.** Número de grãos por planta, em função da utilização do N, considerando a aplicação das doses crescentes de potássio.

Pitol et al. (2010), em experimento à campo, conduzido afim de avaliar o efeito isolado de N, P e K sobre a produtividade de plantas de crambe, observaram ganhos com a adubação com N e K, com comportamento quadrático com ponto de máximo em resposta às doses crescentes de adubação.

Lunelli (2012) afirma que embora não tenha havido diferença significativa entre os tratamentos, o arranjo entre o nitrogênio e o potássio foi o tratamento que mais contribuiu para o aumento da produtividade.

Verifica-se ainda, pela regressão dos dados, que quando o nitrogênio foi adicionado com a menor dose de K, não provocou efeito significativo para a massa seca

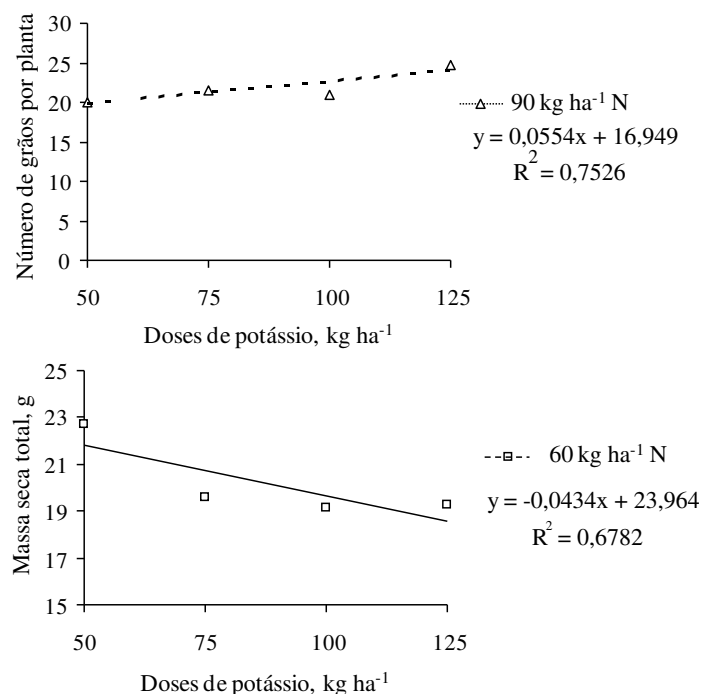
total de crambe. Para todas as demais dosagens do elemento junto com o N, foi observado significância de 1% de probabilidade, nesse parâmetro (Tabela 4, Figura 17).



**Figura 17.** Massa seca total (MST) das plantas de crambe, em função da utilização do N, quando aplicadas às doses de 75, 100 e 125 kg ha<sup>-1</sup> de K.

Ávila et al. (2004) verificaram que a aplicação de doses entre 50 e 70 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O mantiveram a produtividade de canola em níveis adequados. Rossetto et al. (1998) em solo com 35 mg dm<sup>-3</sup> de K, observaram que a adubação potássica não favoreceu o crescimento das plantas e a produtividade de canola, porém acarretou maior retenção das síliquas nas colheitas realizadas tardiamente.

O efeito do K utilizado com a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, apresentou significância a 5% de probabilidade para a NGP e MST (Figura 18).



**Figura 18.** Número de grãos por planta e massa seca total em função da utilização de K, considerando a aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Comparando a testemunha com os tratamentos utilizados, não houve significância. Porém quando feita a regressão dos dados pode-se observar efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para o número de grãos por planta e massa seca total do crambe. As plantas de crambe cultivadas com as maiores dosagens de nitrogênio e potássio alcançaram índices de número de grãos por planta e matéria seca total, respectivamente 144 e 67%, maiores, em relação a testemunha.

Moreira et al., (2010) observaram aumento na produtividade com a adição de N, em média 12% com a dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> e 28% com a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha.

Colodetti et al., (2013) também evidenciou esse aumento, quando relata que no experimento, as plantas submetidas à falta de N na solução foram capazes de produzir apenas 5,18% de biomassa em relação àquelas cultivadas com N. E as plantas conduzidas sob condições de deficiência de K foram capazes de produzir o equivalente a 40,43% de biomassa do quantitativo acumulado pelas plantas com suprimento adequado desse nutriente.

#### **4.5. Crescimento e Produção do Crambe Submetido a Doses de Potássio e Fósforo**

Observando o crescimento das plantas de crambe cultivadas sem adubação nitrogenada (PvsK), pode-se afirmar que estas apresentaram baixo vigor vegetativo, um ciclo menor, alcançando o estado de maturação até vinte dias antes das demais, possuíram morfologia externa inferior, quando observado número de folhas, coloração e floração, tornando-se, conseqüentemente, mais susceptíveis a pragas.

Concordando com Colodetti (2013), que analisando as plantas cultivadas sob condições de deficiência de N, notou encurtamento do seu ciclo fenológico, atingindo o estágio de florescimento em um curto período de tempo.

Com relação ao vigor vegetativo, Colodetti et al. (2012a) ainda demonstraram a necessidade de adubação com N, P e K com níveis acima do recomendado para que as plantas de crambe se desenvolvam com elevado vigor vegetativo.

De acordo com Oliveira et al. (1996) quando o nitrogênio é deficiente, as plantas são atrofiadas, o caule e o ramo são delgados, e as folhas apresentam uma coloração entre verde-pálido e amarela.

A adubação nitrogenada em quantidades adequadas para a planta estimula o desenvolvimento radicular, garante uma arrancada vigorosa, apressa a maturação

fisiológica, estimula a fotossíntese, aumenta a resistência ao frio dos cereais e também aumenta a produtividade (MALAVOLTA, 1989). O N pode ainda atuar como regulador, exercendo considerável expressão do potássio (K), fósforo (P) no crescimento vegetal (EPSTEIN e BLOOM, 2004).

Houve, portanto, pouca significância para os efeitos da aplicação de fósforo e potássio na cultura do crambe, conforme pode ser observado na tabela 5.

**Tabela 5.** Análise de variância para a altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e número de ramificações (NR) do crambe, em função da utilização dos elementos fósforo (P) e potássio (K).

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio				
		AP 30	AP 60	AP 90	DP	NR
Fósforo (P)	3	0,0003 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>	0,00138 <sup>ns</sup>
Linear	1	-	-	-	-	-
Quadrático	1	-	-	-	-	-
Potássio (K)	3	0,0003 <sup>ns</sup>	0,06*	0,016 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>
Linear	1	-	-	-	-	0,005*
Quadrático	1	-	-	-	-	-
P x K	9	0,00054*	0,01 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
P dentro de K1	1	-	-	-	-	-
P dentro de K2	1	0,003*(L)	-	-	-	0,004*(L)
P dentro de K3	1	0,001*(Q)	-	-	-	-
P dentro de K4	1	-	-	-	-	-
K dentro de P1	1	-	-	-	-	-
K dentro de P2	1	-	-	-	-	-
K dentro de P3	1	-	-	-	-	-
K dentro de P4	1	-	-	-	-	-
Test. vs Fator	1	0,001 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo	34	0,0002	0,019	0,009	1,44	0,0009
Média geral		0,08	1,032	1,09	7,98	0,19
CV (%)		19,28	13,45	8,66	15,08	16,02

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

Com exceção da altura das plantas aos 90 DAS (AP 90) que apresentou coeficiente de variação (CV) homogêneo de baixa dispersão, todas as demais variáveis apresentaram CV homogêneo de média dispersão, segundo Pimentel Gomes (2002).

A interação da cultura com as doses de potássio provocou significância ao nível de 5% de probabilidade, para a altura das plantas de crambe aos 60 DAS (Tabela 5).

Mesmo não havendo significância para o número de ramificações, o comportamento dessa variável, quando utilizadas às doses de potássio, foi relevante a forma linear (Tabela 5).

Quando utilizadas a aplicação do fósforo juntamente com o potássio, pode ser observado significância de 5% de probabilidade para a variável altura das plantas aos 30

DAS, e o mesmo ocorreu quando realizada a regressão considerando o fósforo juntamente com as doses de 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> potássio, e também para o número de ramos, considerando a dose de potássio de 75 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 5).

Os resultados apresentados na tabela 6 demonstram que não houve significância para os efeitos da aplicação de fósforo e potássio nas variáveis de produção da cultura do crambe.

**Tabela 6.** Análise de variância para a produtividade de grãos (PG), massa de mil grãos (MMG) e massa seca total (MST) do crambe, em função da utilização dos elementos fósforo (P) e potássio (K).

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio		
		PG	MMG	MST
Fósforo (P)	3	0,0002 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>
Linear	1	0,0005 <sup>ns</sup>	2,99 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,0002 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	1,97 <sup>ns</sup>
Desvio	1	0,00001 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Potássio (K)	3	0,0002 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>
Linear	1	0,0003 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,0002 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>
Desvio	1	0,0002 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	2,27 <sup>ns</sup>
P x K	9	0,0001 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	3,03 <sup>ns</sup>
P dentro de K1	1	-	-	-
P dentro de K2	1	-	-	-
P dentro de K3	1	-	-	-
P dentro de K4	1	-	-	-
K dentro de P1	1	-	-	-
K dentro de P2	1	-	-	-
K dentro de P3	1	-	-	-
K dentro de P4	1	-	-	-
Test. vs Fator	1	0,0003 <sup>ns</sup>	10,12 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>
Teste vs P1K1	1	0,0003 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>
Teste vs P1K2	1	0,0003 <sup>ns</sup>	4,23 <sup>ns</sup>	2,94 <sup>ns</sup>
Teste vs P1K3	1	0,0001 <sup>ns</sup>	8,81 <sup>ns</sup>	5,99 <sup>ns</sup>
Teste vs P1K4	1	0,0003 <sup>ns</sup>	14,92 <sup>*</sup>	0,006 <sup>ns</sup>
Teste vs P2K1	1	0,001 <sup>*</sup>	17,03 <sup>*</sup>	4,08 <sup>ns</sup>
Teste vs P2K2	1	0,00002 <sup>ns</sup>	11,93 <sup>ns</sup>	3,88 <sup>ns</sup>
Teste vs P2K3	1	0,0003 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	2,84 <sup>ns</sup>
Teste vs P2K4	1	0,0002 <sup>ns</sup>	3,69 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Teste vs P3K1	1	0,0004 <sup>ns</sup>	4,18 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>
Teste vs P3K2	1	0,00024 <sup>ns</sup>	8,18 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>
Teste vs P3K3	1	0,00002 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Teste vs P3K4	1	0,0002 <sup>ns</sup>	11,00 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>
Teste vs P4K1	1	0,0001 <sup>ns</sup>	2,59 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>
Teste vs P4K2	1	0,000001 <sup>ns</sup>	3,28 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>
Teste vs P4K3	1	0,0003 <sup>ns</sup>	4,50 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Teste vs P4K4	1	0,00002 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	2,368 <sup>ns</sup>
Tratamentos	16	0,0002 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>
Resíduo	34	0,0002	3,57	2,76
Média geral		0,08	10,64	13,54
CV (%)		19,09	17,76	12,28

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

Todas as variáveis apresentaram coeficiente de variação (CV) de média dispersão, (GOMES, 2002), como pode ser observado na tabela 6.

Comparando os experimentos que continham nitrogênio com os tratamentos de PvsK, pode-se afirmar que não houve o mesmo aumento nas variáveis de produção analisadas. A produtividade de grãos foi apenas 36% maior, comparando-se a maior dose de P e K utilizadas, com a testemunha.

Concordando com Freitas (2010) que também não encontrou diferença significativa entre os resultados, da aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em crambe. O autor aplicando doses de K variando de 0 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em um Latossolo Vermelho argiloso, fase cerrado, com teor acima de 250 mg dm<sup>-3</sup> de K (Mehlich-1) não encontrou aumentos na produtividade de grãos nas safras de 2008 e 2009. Resultado este em decorrência do solo apresentar nível alto de disponibilidade de K.

Segundo Viana (2013) o tratamento que menos contribuiu matematicamente para o aumento na produtividade de grãos foi o arranjo fósforo com potássio e o potássio individualmente. Observando também pequeno ganho na produtividade, quando se referindo ao tratamento com fósforo.

Aumentos significativos na produtividade de grãos de canola e de colza, espécies muito semelhante ao crambe, à adubação potássica foram relatados na literatura, (ÁVILA et al., 2004; BRENNAN e BOLLAND 2006; 2007a,b; ZOU e LU, 2010), o que não foi verificado nesse experimento para a cultura do crambe.

Estudos iniciais sobre a nutrição de crambe FMS Brilhante foram realizados pela FUNDAÇÃO MS, demonstrando baixa resposta a formulações com NPK em solos corrigidos (BROCH et al., 2010). O mesmo trabalho, no entanto, obteve evidências de que a maior disponibilidade de N no solo pode gerar respostas significativas na produção de grãos.

No contexto da nutrição mineral, é extremamente importante determinar quais nutrientes devem ser fornecidos à planta, em quantidade e na época adequada, de modo a permitir o estabelecimento de um manejo adequado da adubação. Para tal, é necessário estudar como os nutrientes limitam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura, permitindo a otimização do uso de fertilizantes e a obtenção da maior produtividade, com o menor custo possível (CORRÊA et al., 2001).

## **5. CONCLUSÃO**

A utilização do nitrogênio provocou incremento no crescimento e produção do crambe.

O aumento na produção de grãos e massa seca total da cultura foi diretamente proporcional ao aumento das doses de nitrogênio aplicadas.

O crescimento e a produção da cultura foram pouco influenciados pela utilização de fósforo e potássio na adubação mineral, o que indica maiores exigências nutricionais do crambe pelo nitrogênio.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. L. T.; COELHO, E. F.; COUTO, L.; SILVA, E. L. Parâmetros de solo-água para a engenharia de irrigação e ambiental. In: FARIA, M. A. et al. Manejo de irrigação. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 1-132.

ANDRADE, A. C. et al. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, Edição especial, p. 1643-1651, 2003.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P. Adubação potássica em canola e seu efeito no rendimento e na qualidade fisiológica e sanitária das sementes. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 26, n. 4, p. 475-481, 2004.

BAEZ, O. Crambe a grande aposta das pesquisas em Mato Grosso do Sul. Pantanal News, 2007. Disponível em: <http://www.biodiselbr.com/noticias/em-foco/crambe-grande-aposta-pesquisas-mato-grosso-sul.htm>.

BARROS, A.P.B. et al. Avaliação de tratamentos para superação de dormência em sementes de Crambe abyssinica. In: Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, 6. Montes Claros-MG. Anais...nov. 2009.

BOIAGO, N. P.; GOMES, F. M.; PINTO, T. T.; SANTORUM, M.; FORTES, A. M. T. Características germinativas de crambe. 5º Congresso Internacional de bioenergia, 2010. Curitiba- Paraná.

BONDIOLI, P.; FOLEGATTI, L.; LAZZERI, L.; PALMIERI, S. Native Crambe abyssinica oil and its derivatives as renewable lubricants: an approach to improve its quality by chemical and biotechnological processes; Industrial Crops and Products, 1998, 7, p 231-238.

BRENNAN, R. F.; BOLLAND, M. D. A. Soil and tissue tests to predict the potassium requirements of canola in south-western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, Collingwood, v. 46, n. 5, p. 675-679, 2006.

BRENNAN, R. F.; BOLLAND, M. D. A. Comparing the potassium requirements of canola and wheat. Australian Journal of Agricultural Research, Collingwood, v. 58, n. 4, p. 359-366, 2007.

BRENNAN, R. F.; BOLLAND, M. D. A. Comparing the potassium requirements of canola and wheat. Australian Journal of Agricultural Research, Collingwood, v. 58, n. 4, p. 359-366, 2007a.

BRENNAN, R. F.; BOLLAND, M. D. A. Influence of potassium and nitrogen fertilizer on yield, oil and protein concentration of canola (*Brassica napus* L.) grain harvested in south-western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, Collingwood, v. 47, n. 8, p. 976-983, 2007b.

BROCH, D. L.; PITOL, C.; ROSCOE, R. Efeito de adubações de plantio e de cobertura sobre a produtividade de crambe CV. FMS Brilhante após soja e milho. In: Congresso brasileiro de mamona, 4º Simpósio internacional de oleaginosas energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1339-1344.

CAMARGO, F. P.; LARAZINI, E.; PINA, M. S.; OLIVEIRA, W. A. S.; DANIEL, H. Influência da adubação de semeadura na massa seca e no acúmulo de micronutrientes em plantas de Crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst). 6º Congresso Internacional de Bioenergia, 2012.

CARNEIRO, P.C.F.; BENDHACK, F.; MIKOS, J.D.; SCHORER, M.; OLIVEIRA FILHO, P.; BALDISSEROTTO, B.; GOLOMBIESKI, J.I. Jundiá: um grande peixe para a região do sul. Panorama da Aqüicultura, Rio de Janeiro, v.12, n.69, p.41-46, 2002.

CARLSON, K. D. et al. Crambe: new crop success. In: JANICK, J. Progress in new crops. Alexandria: ASHS Press. p. 306-322, 1996. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-306.html#ProductionProblemsandOpportunities>>.

CASTRO, C., BALLA, A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; SFREDO, G. J. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. Scientia agricola., v.56, n.4, p.827-833, Oct./dec., 1999.

CASTRO, C; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

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. Ciência Rural, 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.

COELHO, M.A.; SONCIN, N.B. Geografia do Brasil. São Paulo: Moderna. 1982. 368 p.

COLODETTI, T. V.; CHRISTO, L. F.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. Vigor vegetativo de crambe em função de níveis de N, P e K. In: Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel, 5., Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 8., 2012a, Salvador. Anais... Lavras: UFLA, 2012. (CD-ROM)

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; CHRISTO, L. F.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Perda de biomassa causada pela deficiência de macronutrientes em *Crambe abyssinica*. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2012027 2013.

CORRÊA, C. M. D.; OLIVEIRA, J. J. V.; TORNISIELO, V. L., Avaliação do nível residual teórico e experimental de Endosulfan em óleo de soja, Pesticidas: R. Ecotoxicol. e MeioAmbiente, 11, 137, 2001

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PIEXOTO, A.M., MOURA, J.C. de, FARIA, V.P. de. Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FALQ, 1986. p.109-132.

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., 2010, Urbanova. Anais...Universidade do Vale do Paraíba. Urbanova – SP, 2010.

DUKE J.; Handbook of energy crops; IENICA, 2002. Disponível em: <http://www.ienica.netcropsdatabase.htm>.

ECHEVENGUÁ, A. Crambe surge como nova opção para produzir biodiesel. 2007. Disponível em: <[www.ecoeacao.com.br](http://www.ecoeacao.com.br)>.

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

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: [http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/\\_Rute\\_Quelvia.pdf](http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/_Rute_Quelvia.pdf).

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: ESAL-FAEPE, 1994. 227p.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, p. 255-258.

FREITAS, M. E. Comportamento Agrônomo da cultura do Crambe (*Crambe Abyssinica* Hochst) em função do manejo empregado. 2010. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010. p. 13.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. Crambe FMS Brilhante. Maracajú, 2009. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/page.php?34>.

GOMES, M.S. Produção de bio óleo através do processo termoquímico de pirólise (trabalho de conclusão de curso); Faculdade de Tecnologia de Araçatuba - FAAP, Araçatuba, SP, 2010.

GRASHCHIENKOV, A.E.; Experimental investigations of *Crambe abyssinica* Hochst; Botanical Journal USSR, 1959, 44, p 536–43.

HEINZ, R.; GABIATE, M. V.; VIEGAS NETO, A. L.; MOTA, L. H. S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n.9, p. 1549 – 1555, 2011.

JASPER, S. P. Cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst): Avaliação energética, de custo de produção e produtividade em sistema de plantio direto. 103f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

JASPER, P. A.; BIAGGIONI, M. A. M; SILVA, P. R. A.; SEKI, A. S.; BUENO, C. O. Análise Energética da Cultura do Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em Plantio Direto. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.

KNIGHTS, S. E. Crambe: A North Dakota Case Study. *The Regional*, 25 p. Australia, 2002.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G., 1992. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos. *Revista atual*, São Paulo, v.2, 64p, 1992. (ANDA. Boletim Técnico, 4).

LUNELLI I. E. Efeitos de arranjos nutricionais de npk na produtividade de grãos e rendimento de óleo da cultura do crambe. 40 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Cascavel, PR., fev. 2012.

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: [http://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).

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: <http://www.enerbio.ind.br/wp-content/uploads>.

MAI NETO, C., PRIMIERI, C. Avaliação da produtividade e teor de óleo de crambe através de diferentes tipos de adubações. Artigo referente ao Curso de Agronomia. Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel – Pr. 2009.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. *Abc da adubação*. Agronômica Ceres. 304p. São Paulo: 1989.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Potafos, 2.ed., 319p. Piracicaba, 1997.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARTINS, R.S; GABRIEL, V.W.; HONORATO, G.Z.; VIEIRA, J.C.M.; GARCIA, E.A.V.; SILVA, F.E.; STEINER, F. Adubação potássica residual para a Cultura do crambe. Departamento de Agronomia – Faculdades Integradas de Ourinhos-FIO/FEMM (2013).

MASTEBROEK, H.D.; WALLENBURG, S.C.; VAN SOEST, L.J.M.; Variation for agronomic characteristics in Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex Fries); *IndustrialCrops and Products*, 1994, 2, p 129–136.

MEAKIN, S.; MACKEY J. Crambe (Abyssinian mustard). Springdale Crop Sinergias Ltd, October 2005. Disponível em: <http://www.ienica.net/crops/crambe.pdf>.

MOREIRA, M. A.; ALVES, J. M.; LIMA L. E.; FREITAS, A. R.; CABRAL, P. H. R.; TEIXEIRA, M. B. Produção e teor de óleo de crambe em função da saturação por bases e adubação mineral NPK. 4º Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel; 7º Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 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.

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: <http://www.fcaunesp.br/posgraduacao/teses>.

OLIVEIRA, I.P., ARAÚJO, R.S., DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafós, 1996. p.184.

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.

PAPATHANASIOU, G.A.; LESSMAN, K.J.; NYQUIST, W.E.; Evaluation of eleven introductions of Crambe, *Crambe abyssinica* Hochst; *Agronomy Journal*, 1966, 58, 6, p 587–589.

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.

PILAU, F. G.; SOMAVILLA, L.; BATTISTI, R.; SCHWERZ, L.; KULCZYNSKI, S. M. Germinação de sementes de crambe em diferentes temperaturas e substratos Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1825-1830, set./out. 2012.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais - Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Biblioteca de ciências agrárias Luiz de Queiroz. v.1. Piracicaba: FEALQ, 2002.

PITOL, C. Cultura do crambe. In: Tecnologia de produção: Milho safrinha e culturas de inverno. Maracajú: Fundação MS, p. 85-88. 2008.

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

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, 2012.

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.

ROSSETO, C.A.V. et al. Efeito da adubação potássica e da colheita na produtividade de canola. Rev. Bras. Cienc. Solo, Viçosa, v.22, n.1, p.87-94, 1998.

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.

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. R.; NOLLA, A. Zinc and phosphorus fertilization of crambe (*Crambe abssynica* Hoechst). Journal of Food Agriculture & Environment, Helsink, v. 9, p. 132-135, 2011b.

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, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Artmed, 3.ed., 719p. Porto Alegre, 2004.

VECHIATTO, C. D.; FERNANDES, F. C. S. Aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do crambe. Revista Cultivando o Saber. v.4, n.2, p.18-24, Cascavel, 2011.

VIANA, O. H. Cultivo de crambe na região oeste do Paraná. Cascavel, Paraná. Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre, 2013.

WEISS, E.A.; Oilseed Crops; Chapter 10 - Crambe, niger and jojoba. Tropical agriculture series; Longman Group Ltd; 1983, p 463–485.

WHITE, G.A.; HIGGINS, J.J.; Culture of crambe: a new industrial oilseed crop; Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture - USDA, 1966.

ZOU, J.; LU, J. W. Yield response of winter rapeseed to potassium fertilization, use efficiency and soil's potassium critical level in the Yangtze River Valley. e-ifc - International Fertilizer Correspondent. n.23, p.13-20, 2010. Disponível em <http://www.ipipotash.org/eifc/2010/23/4>.

ZIMMERMANN HG.; Une nouvelle plante oléagineuse de printemps Crambe abyssinica Hochst; Ole´agineux, 1962, 17, 6, p 527–530.