

IGOR EDUARDO LUNELLI

**EFEITOS DE ARRANJOS NUTRICIONAIS DE NPK NA PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS E RENDIMENTO DE ÓLEO DA CULTURA DO CRAMBE**

**CASCVEL
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO - 2012**

IGOR EDUARDO LUNELLI

**EFEITOS DE ARRANJOS NUTRICIONAIS DE NPK NA PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS E RENDIMENTO DE ÓLEO DA CULTURA DO CRAMBE**

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.

Orientador: Prof. Dr. Deonir Secco
Coorientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Coorientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza

**CASCADEL
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO – 2012**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central do Campus de Cascavel – Unioeste
Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

L983e Lunelli, Igor Eduardo
Efeitos de arranjos nutricionais de NPK na produtividade de grãos e rendimento de óleo da cultura do crambe. / Igor Eduardo Lunelli — Cascavel, PR: UNIOESTE, 2012.
40 f. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Deonir Secco
Coorientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Coorientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

1. Oleaginosas. 2. Nutrientes. 3. Potencial energético. 4. Crambe - Cultura. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21.ed. 631

IGOR EDUARDO LUNELLI

“Efeitos de arranjos de adubação na produtividade de grãos e óleo da cultura do
crambe”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador:


Prof. Dr. Deonir Secco
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Reinaldo Aparecido Bariccatti
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Tiago Roque Benetoli da Silva
Universidade Estadual de Maringá – UEM/Maringá

Cascavel, 15 de fevereiro de 2012.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à DEUS por ser a base das minhas conquistas;

Aos meus pais, José Ari Lunelli e Célia Silvana Lunelli, pela dedicação, carinho e direcionamento para a vida;

À minha irmã, Carla Francieli Lunelli e minha namorada Bruna Rosso Dutra pelo apoio, carinho e incentivo na minha formação;

Ao Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura - PPGEA, pelo acolhimento e oportunidade de realização do curso de Mestrado;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pelo apoio durante o mestrado;

À FAG – Faculdade Assis Gurgacz, juntamente com o CEDETEC – Centro de Difusão de Tecnologias pela seção da área e apoio para as pesquisas;

Ao Prof. Dr. Deonir Secco e sua Esposa Araceli Ciotti De Marins, pela orientação, auxílio, amizade e ensinamentos;

Aos Profs. Coorientadores Dr. Reginaldo Ferreira Santos e Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza pela amizade, ensinamentos e contribuições no desenvolvimento da pesquisa;

Ao Prof. Dr. Reinaldo Aparecido Bariccatti pela colaboração, auxílio e incentivo no desenvolvimento da pesquisa;

Ao colegiado do curso, pelo apoio e consideração;

À assistente da coordenação Vanderléia Luzia Stockmann Schmidt, pela amizade e auxílio durante a realização do mestrado;

À todos os colegas do mestrado pelo companheirismo, amizade, incentivo e cooperação, em especial à Augustinho Borsoi, Everli Marlei Moers, Fabio Boligon e Gislaine lastiaque Martins pelo auxílio.

BIOGRAFIA

Igor Eduardo Lunelli é nascido no dia 19 de abril de 1988 em Laranjeiras do Sul, Paraná. Cursou o ensino fundamental da Pré-Escola a 4ª série nos Colégios Municipais Maria Montessori e Hercoles Bosquirolli. De 5ª a 8ª série no Colégio Estadual Marilis Faria Pirotelli e o Ensino Médio no Colégio Harpa, todos localizados no município de Cascavel, Paraná, onde reside desde os 5 anos de idade.

É filho de corretor de seguros e professora, e neto de agricultores e açougueiros.

Colou grau de Engenheiro Agrônomo em Fevereiro de 2010, pela FAG - Faculdade Assis Gurgacz- Cascavel, Paraná.

Agrônomo já formado no ano de 2009, deu prosseguimento aos estudos e iniciou no ano de 2010 o mestrado na Área de Energia na Agricultura, na UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná e com esta dissertação conquista a conclusão de mestre em sua área profissional.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE ANEXOS.....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Características fisiológicas da cultura do crambe.....	3
2.2. Necessidades nutricionais da cultura.....	6
2.3. Funções dos elementos nas culturas.....	7
2.3.1. Nitrogênio (N).....	7
2.3.2. Fósforo (P).....	7
2.3.3. Potássio (K).....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. Implantação da cultura a campo.....	10
3.2. Produtividade de grãos.....	11
3.3. Extração química de óleo vegetal (Método Soxhlet).....	12
3.4. Análise estatística e delineamento experimental para produtividade de grãos e rendimento de óleo.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1. Produtividade de grãos.....	15
4.2. Rendimento de óleo.....	17
5. CONCLUSÕES.....	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos da área experimental	10
Tabela 2 - Análise de variância para rendimento de grãos da cultura do crambe com diferentes associações de adubação	15
Tabela 3 - Análise de variância para rendimento de óleo da cultura do crambe com diferentes arranjos de adubação.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rendimento de grãos da cultura do crambe com diferentes arranjos de adubação.....	15
Figura 2 - Rendimento de óleo da cultura do crambe com diferentes arranjos de adubação.....	17
Figura 3 - Análise de regressão linear do rendimento de óleo em função do rendimento de grãos do crambe.....	19

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Gerência de Ensino e Pesquisa, Departamento Acadêmico de Química e Biologia. Prática Laboratorial – Extração Sólido-Líquido.....	25
--	----

RESUMO

Lunelli, Igor Eduardo; M. Sc; Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Fevereiro de 2012; **Efeitos de arranjos nutricionais de NPK na produtividade de grãos e rendimento de óleo da cultura do crambe**; Orientador: Prof. Dr. Deonir Secco; Coorientadores: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos e Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza.

O desenvolvimento de uma cultura está inteiramente ligado às condições de solo, clima, relevo, disponibilidade de água e nutrientes. Este trabalho tem por objetivo avaliar a produtividade de grãos e o rendimento de óleo da cultura do crambe sob diferentes arranjos nutricionais com base em NPK. O experimento foi realizado no município de Cascavel-PR, na área experimental da Fazenda escola da FAG - Faculdade Assis Gurgacz, num Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura argilosa a muito argilosa, relevo suave ondulado, a uma altitude média de 680 m. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen é mesotérmico superúmido (Cfa). Os tratamentos consistiram de arranjos nutricionais com base em NPK, sendo: T1: NPK; T2: N; T3: P; T4: K; T5: NP; T6: NK; T7: PK e T8: testemunha (sem aplicação fertilizante). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com 8 tratamentos e 3 repetições. Utilizou-se o cultivo em faixas, sendo 3 faixas de 4,8 x 68 m de comprimento. As unidades experimentais constaram de 4,8 m de largura por 6,0 m de comprimento cada. A produtividade de grãos foi realizada a partir da colheita de uma área de 1,0 m² realizada na parte central das unidades experimentais. O rendimento de óleo foi realizado utilizando o método Soxhlet, em que o óleo é extraído dos grãos a partir de sucessivas lavagens com solvente orgânico. A análise estatística constou de análise de variância e as médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Também foi realizada a análise de regressão linear entre os dados de produtividade de grãos e rendimento de óleo para verificar a correlação entre essas variáveis. Nenhum nutriente isolado ou em associação promoveu diferença significativa para a produtividade de grãos. Para o rendimento de óleo, o arranjo composto por NPK promoveu diferença significativa dos demais tratamentos, à exceção dos tratamentos NK e P. O rendimento de óleo está mais associado à qualidade do que na quantidade dos grãos da cultura do crambe.

Palavras-chave: oleaginosas, nutrientes, potencial energético

ABSTRACT

Lunelli, Igor Eduardo; M. Sc; Universidade Estadual do Oeste do Paraná; in February 2012; **NPK nutritional arrange effects in the productivity of grains and oil revenue of crambe cultivation**; Orientador: Prof. Dr. Deonir Secco; Coorientadores: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos e Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza.

The development of a crop is entirely connected to the soil conditions, climate, relief, water availability and nutrients. This work has as objective to evaluate the productivity of grains and the oil revenue of crambe cultivation under different nutritional arrangements with base on NPK. The experiment was carried out in the city of Cascavel – PR, in the experimental area of the school farm of FAG – Faculdade Assis Gurgacz, in typical distroferric red latosol, argillaceous to very argillaceous texture, lightly wavy relief, and average altitude of 680m. The climate of the region, according to climatic classification of koppen is humid mesothermal (Cfa). The treatment consisted of nutritional arrangements with base in NPK, being: T1: NPK; T2: N; T3: P; T4: K; T5: NP; T6: NK; T7: PK and T8: witness (without fertilizing application). The experimental delineation used was entirely randomized with 8 treatments and 3 repetitions. The cultivation in bands was used, being 3 bands of 4.8 x 68 meters long. The experimental unities consisted of 4.8 meters wide by 6.0 meters long each. The productivity of grains was performed from the harvest of an area of 1.0 square meters done in the central parts of the experimental unities. The oil revenue was made utilizing the Soxhlet method, in which the oil is extracted from the grains through successive washing with organic solvent. The statistical analysis consisted of the analysis of variance and the averages of treatment were compared by the test of Turkey to 5% of significance. Also the analysis of linear regression was made between the grain productivity data and oil revenue to verify the correlation between these variables. No isolated or associated nutrient promoted significant difference for the productivity of grains. For the oil revenue, the compost arrangement of NPK promoted significant difference from the other treatments, with exception from the NK and P treatment. The oil revenue is more associated with the quality than with the quantity of grains in the crambe cultivation.

Key-Words: Oleaginous, nutrients, energetic potential

1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais causados pelas fontes convencionais de energia têm obrigado o homem a buscar novas alternativas energéticas que sejam fontes renováveis, viáveis economicamente e que as taxas de poluição sejam reduzidas.

Diante disso, a busca por fontes alternativas de energia é uma realidade amplamente presente no cenário mundial, com iniciativas governamentais e, principalmente, da iniciativa privada, em especial das indústrias.

Uma das formas de se obter fontes renováveis de energia é a implantação da “agricultura de energia”, ou seja, cultivo de plantas destinadas à produção de energia, como por exemplo, o biodiesel, etanol, óleos vegetais isolantes para transformadores de eletricidade, lubrificantes automotivos, entre outras utilidades.

São muitas as vantagens favoráveis em nosso país para implantação da agricultura de energia. Dentre elas, a perspectiva de incorporação destas áreas, uma vez que pode se chegar ao sucesso com culturas oleaginosas sem competição com a agricultura de alimentos, e com impactos ambientais limitados ao socialmente aceito e ainda a possibilidade de múltiplos cultivos dentro do calendário agrícola.

Entre as culturas de energia disponíveis para o cultivo, está o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), planta com grande potencial para a produção de matéria-prima para biodiesel.

A grande tolerância à seca, à geadas e a sua precocidade são as grandes vantagens da planta, que floresce aos 35 dias e pode ser colhida aos 85/90 dias, com maturação uniforme. A planta tem despertado interesse dos produtores de soja, porque todo seu cultivo é mecanizado e principalmente, por ser uma cultura de inverno (mais uma alternativa para a safrinha), plantada após a colheita da soja em março/abril e ter baixo custo de produção com percentual de óleo total entre 26% e 38%. A extração do óleo pode ser feita de forma mecânica, com extrusora e prensa.

Indica-se semear a cultura em solos bem corrigidos com pH acima de 5,8. Quanto menos alumínio no solo e solos profundo, mais tolerante à seca vai ser a cultura. Apesar de responder à fertilidade, ainda não há recomendações específicas, e até que nível de adubação é viável. Em média, é aconselhado o uso de 150 kg ha⁻¹ do formulado 06-20-20 ou similares.

Obedecida à recomendação de plantio em solos de boa à alta fertilidade, a produtividade varia de 1000 a 1500 kg ha⁻¹. Vários testes já comprovaram a boa qualidade do óleo de crambe para produção de Biodiesel.

Portanto, através do cultivo de espécies oleaginosas é possível obter produtos e subprodutos, onde a pesquisa mostra as várias formas de aproveitá-los por meio de processos tecnológicos disponíveis no mercado, podendo assim, substituir aos poucos aqueles combustíveis com maiores índices de poluição e não renováveis.

O trabalho teve como objetivo, avaliar a produtividade de grãos e o rendimento de óleo da cultura do crambe sob arranjos de fertilizantes do solo com base em alguns macronutrientes de suma importância ao desenvolvimento da cultura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características fisiológicas da cultura do crambe

Grande parte da energia consumida no mundo provém de derivados do petróleo, carvão e gás natural, que são fontes não renováveis de energia e com previsão de esgotamento. Os combustíveis fósseis são extremamente poluidores, afetando o meio ambiente, o que faz a população mundial buscar soluções para estes problemas (SHUCHARTDT *et al.*, 1998).

No contexto dos biocombustíveis, o Brasil se destaca devido ao seu grande potencial para produzir matéria-prima, pois é o país que possui a maior área verde cultivável do mundo e tem disponível uma mão-de-obra abundante (BILICH e SILVA, 2006).

Uma das alternativas está na produção dessa energia a partir do biodiesel de gorduras animais e óleos vegetais, como a soja, canola, colza e o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) (VEDANA, 2007).

O crambe é uma planta da família Brassicaceae e originária da região do mediterrâneo, uma cultura muito tolerante à seca, principalmente a partir do seu desenvolvimento vegetativo, quando não tolera períodos chuvosos ou de alta umidade relativa do ar (MULLER, 2008).

As pesquisas da cultura do crambe no Brasil iniciaram no ano de 1995 no estado de Mato Grosso do sul pela Fundação MS. O objetivo de estudar a cultura foi como cobertura de solo para plantio direto, porém não despertou maiores interesses, pois como cobertura foi inferior ao nabo forrageiro e como produção de grãos não houve comércio para a mesma (PITOL *et al.*, 2008). Anos mais tarde as pesquisas foram retomadas com estímulo para a produção de biodiesel. Assim obteve-se o registro da cultivar FMS Brilhante pela FUNDAÇÃO MS (PITOL *et al.*, 2008).

Os principais fatores que fazem com que esta cultura tenha boa aceitação são: o bom desempenho apresentado nos campos experimentais, o baixo custo de produção, rusticidade, fácil adaptabilidade a solos de baixa fertilidade e resistência à seca, a não exigência de novas máquinas e equipamentos para o cultivo e a facilidade para extração do óleo, através de prensas (NEVES *et al.*, 2007).

Segundo Pitol *et al.* (2008), nas décadas de 80 e 90, apesar de um grande esforço para expansão da área cultivada, não foram registrados ganhos expressivos

na Europa e EUA, pois nessas regiões, o crambe concorre com culturas como soja, milho e trigo, já que as condições climáticas não permitem o cultivo de uma segunda safra, chamada de safrinha. Já no Brasil, o crambe, plantado na “safrinha” constitui uma excelente alternativa para a rotação de culturas, pois possui um ciclo curto, cerca de 90 dias, têm grande tolerância a déficit hídrico, rusticidade, precocidade e cultivo mecanizável, que emprega os mesmos equipamentos utilizados para as tradicionais culturas de grãos, maximizando o uso das máquinas e equipamentos.

Seu florescimento ocorre aos 35 dias após o plantio, as flores brancas, numerosas e pequenas (ERICKSON e BASSIN, 1990). Muito tolerante ao frio, exceto após a germinação quando tolera temperaturas de até 3°C negativos, e no florescimento onde a ocorrência de geadas causa abortamento das flores. Devido as suas exigências climáticas, no Brasil, comporta-se como cultura de outono/inverno, sendo que a região Centro-Sul do Mato Grosso do Sul, Norte/Nordeste do Paraná e Sul de São Paulo são consideradas as melhores para adaptação com viabilidade de cultivo comercial. À medida que avançam para o cerrado, as condições climáticas vão limitando o cultivo, não se conhecendo os limites de adaptação nesta região, mas com certeza as áreas de maior altitude apresentam melhores perspectivas (PITOL, 2008).

Com cerca de 38% de óleo em base seca, a oleaginosa produz em média entre 1.000 e 1.200 kg ha⁻¹ de grãos, ou perto de 400 kg ha⁻¹ de óleo (ROSCOE E DELMONTES, 2008).

Contudo, o óleo extraído das sementes do crambe possui entre 50 a 60% de ácido erúico, o qual apresenta toxicidade na alimentação humana e deve ser limitada a adição de 11% na dieta de ruminantes, ou seja, apresenta-se como uma cultura que não concorre com a produção de alimentos e que apresenta elevado teor de óleo podendo ser utilizado como alternativa para produção de biodiesel (OPLINGER *et al.*, 1991). Possui também outras utilizações como para a produção de lubrificantes industriais, inibidor da corrosão, ingrediente na manufatura da borracha sintética, isolamento elétrico, confecção de películas plásticas, surfactantes e agentes da flutuação (OPLINGER *et al.*, 1991).

O biodiesel obtido a partir de óleo de crambe pode ser produzido dentro das especificações da legislação exigida pela ANP (Resolução nº. 7 2008), muito embora alguns parâmetros, como viscosidade e teor de cálcio e magnésio estejam próximos dos limites permitidos (SILVA *et al.*, 2009).

A escassez de informações relacionadas às exigências nutricionais pode limitar a obtenção de altas produtividades e interferir diretamente na quantidade, qualidade e teor de óleo das sementes produzidas. De acordo com Carlsson (2009), para o aperfeiçoamento da cultura de crambe como produtor de óleo para produção de biodiesel são necessários estudos adicionais, visando o aperfeiçoamento da cadeia produtiva.

A busca por matérias-primas de baixo custo para a produção de biodiesel tornou-se necessária, tanto do ponto de vista tecnológico, como econômico (JASPER, 2010). A tendência atual do sistema de exploração agrícola tem sido aumentar a produtividade das culturas associada às reduções nos custos de produção.

Com isso, o crambe ganha um forte quesito para que seu cultivo ganhe maior expansão, pois poderá se tornar mais uma opção para complementar a matriz de óleos vegetais no Brasil. Levando em conta que, o grande desafio será articular sua cadeia produtiva através de sementes certificadas por fornecedores, produtores, armazenadores e indústrias de esmagamento (PITOL *et al.*, 2008).

Para isso, é necessário que as práticas culturais relacionadas aos tratamentos fitossanitários e às adubações sejam eficientes. O conhecimento sobre o conteúdo de nutrientes nas plantas é importante para avaliar a capacidade de remoção de nutrientes de cada cultura (KANO, *et al.*, 2010).

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).

O crambe exige boa umidade no solo apenas para germinação e estabelecimento da cultura, com necessidade máxima entre 150 e 200 mm de água até o pleno florescimento. Após esse período, o ideal é a ausência de chuvas, sendo que o excesso, associado à alta umidade favorecem a ocorrência de doenças (PITOL *et al.*, 2008).

Geadas fortes prejudicam a produção de crambe apenas quando ocorrem na fase inicial da plântula e no florescimento, sendo que as geadas leves não causam

maiores danos. Nas outras fases toleram-se até as fortes geadas, sendo que temperaturas amenas, até 25°C, até elevam o potencial produtivo e a tolerância à seca. Em relação a altas temperaturas não existem registros, mas sabe-se que o crambe é mais tolerante a estas do que a colza e a canola (PITOL *et al.*, 2008).

Em plantas oleaginosas, pode haver competição entre as diversas vias metabólicas para a produção de proteínas e lipídios. Ao aumentar a adubação nitrogenada, incrementa-se também a concentração de proteína bruta, mas diminui o teor de lipídios. A nutrição potássica é muito importante na concentração de óleo nas sementes, pois fornecendo menos potássio do que o necessário para a planta, o teor de óleo pode cair (LIMA FILHO *et al.*, 2008).

Os teores de nutrientes nos grãos de crambe estão mais próximos da cultura da soja do que os grãos de milho, portanto o crambe é bastante rico em N e S, reflexo de um alto teor de proteína nos grãos (PITOL *et al.*, 2008).

2.2. Necessidades nutricionais da cultura

Estudos sobre adubação de crambe são ainda escassos nos sistemas de produção típicos do Brasil. Sabe-se que a planta absorve grandes quantidades de N, o que pode ser inferido por seu elevado teor de proteínas no grão (SOUZA *et al.*, 2009). 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.

Considerada uma cultura recicladora de nutrientes do solo e com bom potencial de aproveitamento de adubações residuais das culturas antecessoras, em alguns experimentos realizados na Fundação MS, o crambe não apresentou respostas significativas a adubações com NPK no plantio, quando o solo já se encontra corrigido com bons níveis de P e K (PITOL *et al.*, 2008).

2.3. Funções dos elementos nas culturas

2.3.1. Nitrogênio (N)

No sistema solo-planta, o nitrogênio mineral é absorvido nas formas de nitrato ou amônio, o qual entra em contato com as raízes das plantas preferencialmente pelo fluxo de massa (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

O N é constituinte de aminoácidos e nucleotídeos, e o principal nutriente para obtenção de produtividades elevadas em culturas anuais (CASTRO *et al.*, 1999).

No solo, o nitrogênio apresenta diversas formas orgânicas e inorgânicas que estão dinamicamente equilibradas por meio do ciclo do N, o qual é bastante complexo. Pode se incorporar no sistema solo-planta a partir dos restos culturais, por processos de fixação biológica, adubação com fertilizantes industriais e também por precipitação induzida por descargas elétricas (RAIJ, 1991).

Em oleaginosas, o nitrogênio determina o equilíbrio nos teores de proteínas acumuladas e produção de óleo, já que influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes. Quando adubado com N em grandes quantidades, eleva os teores do nutriente nos tecidos reduzindo a síntese de óleos, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteínas nos aquênios (CASTRO *et al.*, 1999).

2.3.2. Fósforo (P)

A forma predominante do nutriente é como íon fosfato (H_2PO_4^-) (MALAVOLTA, 2006).

O fósforo disponível às plantas é encontrado em baixas concentrações na solução do solo, isto ocorre devido ao nível de acidez dos solos onde são cultivadas as principais culturas, os quais apresentam as maiores taxas de fixação de fósforo variáveis de acordo com a quantidade e mineralogia das argilas, sendo intensificadas em solos com predominância de Fe e Al (RAIJ, 1991).

O contato do íon fosfato nas raízes ocorre, preferencialmente, por difusão, razão pela qual a absorção do nutriente depende do volume de solo explorado pelas raízes. Absorvida na planta, o fosfato é incorporado em compostos orgânicos incluindo açúcares fosfatados, fosfolipídios e nucleotídeos. Seu principal ponto de

entrada é via assimilação e ocorre durante a formação de ATP, sendo esta a molécula de energia da célula (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Em condições de déficit hídrico, a absorção do nutriente e o seu suprimento podem ser afetados severamente, provocando a remobilização e translocação do P das partes velhas para as partes jovens da planta. O fósforo é um nutriente móvel no floema, e se redistribui rapidamente, em especial aos tecidos novos em desenvolvimento, vegetativo ou reprodutivo, que trabalham como drenos preferenciais da planta (MALAVOLTA, 1980).

Segundo Blamey *et al.* (1997), a diagnose foliar é o melhor método para avaliar a deficiência do nutriente, o mesmo ocorre nas folhas da parte inferior das plantas, devido a grande mobilidade do fósforo na planta. O fósforo é o nutriente mais exportado pelos aquênios (CASTRO e OLIVEIRA, 2005); (BLAMEY *et al.*, 1997).

2.3.3. Potássio (K)

O potássio disponível para as plantas encontra-se como íon K^+ presente na solução do solo e no complexo de troca (RAIJ, 1991).

O contato com as raízes ocorre preferencialmente por difusão e fluxo de massa, dessa forma, a nutrição potássica está diretamente relacionada com a disponibilidade de água às plantas (MALAVOLTA, 1997).

Participa de um grande número de processos biológicos da planta e apresenta alta mobilidade, sendo translocado das partes velhas para as partes jovens, durante o processo de senescência natural ou induzida (MALAVOLTA, 1997).

A baixa disponibilidade de potássio no solo pode causar redução da produtividade e redução gradativa na taxa de crescimento das plantas. Quando a deficiência é mais severa, os sintomas se iniciam com mosqueado amarelado nas bordas das folhas da parte inferior da planta, essas áreas cloróticas avançam para o centro das folhas, tornando-se necróticas nas bordas, perdendo rigidez na planta e podendo ocorrer quedas foliares (CASTRO e OLIVEIRA, 2005).

A perda do íon K^+ por lixiviação no perfil quando são feitas adubações corretivas merecem um atendimento especial, principalmente em solos de textura média a arenosa. Também a correção da acidez é fundamental para elevar a

eficiência de utilização dos fertilizantes potássios, por aumentar a capacidade de retenção do nutriente no complexo de troca, limitando este processo de lixiviação e perda do nutriente nos solos de textura arenosa (CASTRO e OLIVEIRA, 2005).

A capacidade de acúmulo de potássio nas camadas superficiais do solo varia, principalmente em função da capacidade de troca catiônica (CTC) (CASTRO e OLIVEIRA, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Implantação da cultura a campo

O experimento foi realizado no campo experimental da Fazenda Escola pertencente à FAG – Faculdade Assis Gurgacz, localizada no município de Cascavel – Paraná, no período de Junho a Setembro de 2010. A fazenda tem área total de 90 hectares e está situada a aproximadamente 680 metros de altitude, com coordenadas: 24°56'23" de latitude e 53°30'27" de longitude.

A região oeste do Paraná que compreende o município de Cascavel situa-se no Terceiro Planalto do estado. Segundo a classificação climática de Köppen o clima da região subtropical mesotérmico superúmido caracterizado como Cfa - Clima subtropical (CAVIGLIONE *et al.*, 2000). A temperatura máxima média em janeiro é de 28,6°C, e em julho a mínima média é de 11,2°C, com geadas pouco frequentes. A temperatura média anual na região é de 19,6 °C, a precipitação anual de 1971 mm e a insolação de 2462 horas por ano (Iapar, 2011).

O estudo foi conduzido em solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura argilosa a muito argilosa (EMBRAPA, 2006). A área vem sendo cultivada a aproximadamente 10 anos em sistema de plantio direto, com rotação de culturas no inverno (trigo, aveia e nabo forrageiro) e verão (milho e soja). Para realização do experimento foi realizada análise de solo antes da semeadura da cultura do crumbe para eventual correção da fertilidade e acidez, a qual apresentou os seguintes dados, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Atributos químicos da área experimental

Elementos	Cmol _c dm ⁻³	Interpretação
Cálcio (Ca)	9,54	Alto
Magnésio (Mg)	5,61	Alto
Potássio (K)	1,03	Alto
Alumínio (Al)	0,00	Baixo
H + Alumínio (H + Al)	6,21	Alto
CTC	22,39	Alto
	g dm⁻³	
Carbono (C)	24,31	Alto
M. Orgânica (MO)	41,81	Alto
	%	
Sat. Bases (V)	72,26	Alto
	mg dm⁻³	
Fósforo (P)	2,20	Baixo
pH CaCl ₂	5,30	

O híbrido utilizado foi o FMS Brilhante, com ciclo que varia entre 90 e 115 dias, dependendo da duração do período chuvoso em cada região.

A semeadura foi realizada no dia 11 de Junho de 2010. Para isso foi utilizada a semeadora-adubadora de modelo (SDA3 – Tatu-Marchesan) que trabalha no fluxo contínuo regulada para o plantio com 0,03 m de profundidade, espaçamento de 0,30m entrelinhas e tracionada por um trator modelo (MF5310 – Massey Ferguson, 4X4) com 110cv. Desta forma obteve-se uma população média de 150 plantas por m².

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso com 8 tratamentos e 3 repetições, ocupando área total de 883 m². Em cada faixa de cultivo foram sorteados aleatoriamente os tratamentos com combinações de NPK. As unidades experimentais constaram de 4,8 m de largura por 6 m de comprimento, totalizando uma área útil de 28,8 m².

Para evitar eventuais contaminações entre os tratamentos e facilitar a identificação, foram espaçados 2 m de largura entre as faixas e manutenção de bordaduras ao redor de toda área do experimento. E não houve a necessidade de realizar tratos culturais, como capinas e aplicação de defensivos.

Os tratamentos consistiram na adubação por meio de arranjos com NPK, distribuídos da seguinte forma: T1: NPK; T2: N; T3: P; T4: K; T5: NP; T6: NK; T7: PK e uma testemunha. A adubação e o manejo da cultura foram realizados conforme recomendação técnica para a região, segundo Pitol (2008). Dessa forma a dosagem foi de 90 kg ha⁻¹ de N, 68 kg ha⁻¹ de P e 19 kg ha⁻¹ de K, sendo o N em forma de uréia (21% de N), o P em forma de fosfato super simples (60% de P) e o K em forma de cloreto de potássio (45% de K).

A colheita foi realizada no dia 27 de Setembro de 2010, totalizando 108 dias de ciclo. Foram retiradas as amostras nas áreas centrais de cada parcela, com o objetivo de aumentar a distância de coleta entre cada adubação e uniformizá-la, reduzindo a interferência do ambiente. Com o auxílio de um quadro metálico, colocado sob as plantas para definir quais coletar, foram retirados 1m² exato de plantas inteiras de cada tratamento.

3.2. Produtividade de grãos

Após a colheita do material em lavoura, cada tratamento foi separado em sacos plásticos ainda com impurezas, como pequenas folhas, galhos e raízes. Todo o material foi trilhado em uma pequena bateadeira de cereais utilizando tração trator.

Em laboratório, realizou-se a retirada de impurezas e limpeza das sementes, com auxílio de alguns acessórios, como, peneiras em aço inox redondas, com borda de 2" de altura por 8" de diâmetro, uma com espaçamento de tela de 0,25 cm e outra com 0,5 cm. Todas apresentam normas exigidas pelo mercado como NBR NM ISO 3310/1; pinça metálica e soprador elétrico.

Cada pacote contendo os grãos foi despejado em bandeja plástica para separar impurezas maiores com pinça, seguidos de sucessivas peneiradas até a amostra não apresentar mais sujeiras. Para finalizar, as impurezas menores particuladas foram expelidas com o soprador elétrico. O procedimento se repetiu igualmente para todas as amostras. Após a limpeza, as amostras foram pesadas em uma balança semi-analítica com precisão de 2 casas decimais, devidamente aferida pelo Inmetro e calibrada.

Em seguida, com auxílio de uma balança analítica de 4 casas decimais, um béquer de 100ml e uma pinça, foi dado o procedimento de pesagem de amostras de 10g cada, para a extração do óleo vegetal.

3.3. Extração química de óleo vegetal (Método Soxhlet)

Após a etapa de limpeza e pesagem de sementes de crambe, iniciou-se o processo de extração de óleo.

Os materiais utilizados para extração foram, balões de fundo chato de 250mL cada, sistema Soxhlet completo (condensador e extrator), suporte universal, estufa de secagem, manta de aquecimento, balança analítica (4 casas decimais), espátula, papéis filtros, mangueiras de circulação de água, hexano PA (C_6H_{14} e P.M. 86,18), frascos, 240g de crambe (10g por amostra), almofariz e pistilo, proveta de 250mL e pinça;

Para a extração do óleo, foi utilizado um processo contínuo a partir de culturas oleaginosas, denominado Soxhlet, descrito no roteiro de aulas práticas da UTFPR, 2009 (Anexo 1). Este método foi descrito por Franz Von Soxhlet em 1879. É

um dos processos mais utilizados devido à praticidade de implantação, funcionamento e requerer poucos materiais extratores.

O óleo vegetal é extraído por repetidas lavagens com algum solvente orgânico, geralmente hexano ou éter petróleo, sob refluxo em um vidro especial.

Neste método, a amostra deve estar seca e moída ou descascada. Este material é colocado em um filtro poroso ou de papel. O filtro é colocado na câmara de extração que está suspensa acima do balão contendo 150 mL do solvente e abaixo do condensador.

O balão é aquecido a 110^o com auxílio de uma manta térmica num período de 3 horas, fazendo com que o solvente evapore, movendo-se na fase gasosa em direção ao condensador onde é convertido em um líquido que goteja no filtro contendo a amostra.

A câmara de extração é projetada de modo que quando o solvente em torno da amostra for superior à altura do sifão, o líquido transborda para o balão onde é aquecido, e novamente evapora, completando um ciclo.

No final do processo de extração o solvente é retirado antes de atingir a altura máxima do sifão e o óleo é concentrado no balão.

Para cada extração, o óleo resultante foi levado à estufa por durante 2 horas a 80^oC, fazendo com que o solvente restante evaporasse e ficasse apenas o óleo extraído.

Ao retirar as amostras da estufa, foram deixadas por 30 minutos em um dessecador para equilibrar à temperatura ambiente.

Foi pesado o balão contendo o óleo extraído e calculado a diferença de peso entre balão vazio e balão com óleo.

3.4. Análise estatística e delineamento experimental para produtividade de grãos e rendimento de óleo

As estatísticas para produtividade de grãos e rendimento de óleo constaram da Análise de Variância (ANOVA) e para comparação de médias o teste de Tukey a 5% de probabilidade que foram executadas através do “software livre” Sisvar versão 5.3.

Para atender aos pressupostos da Anova, realizaram-se os testes de normalidade, onde os dados apresentaram distribuição normal sem a necessidade

de transformações para a produtividade de grãos, nos testes de Cramér-von Mises, Anderson-Darling, Kuiper, Watson e Shapiro-Wilk.

Enquanto que para rendimento de óleo os dados não apresentaram distribuição normal, havendo a necessidade de transformação, que foi realizada através do cálculo $\{x=\log(x)\}$. Com os dados transformados, os testes de Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors e Shapiro-Wilk, apresentaram distribuição normal.

Também foi realizada uma análise de regressão linear entre os dados de produtividade de grãos e rendimento de óleo da cultura do crambe, para verificar a co-relação entre estas variáveis e uma possível explicação do rendimento de óleo em função da produtividade de grãos utilizando o Excel[®].

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produtividade de grãos

A produtividade de grãos do crambe não apresentou diferença significativa quanto aos arranjos de adubação. Estes resultados podem ser observados na Tabela 2, que apresenta o resultado da análise de variância.

Tabela 2. Análise de variância para produtividade de grãos da cultura do crambe com diferentes arranjos de adubação

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	Fc	Pr > Fc
Tratamento	7	369011,17	52715,88	0,734	0,6466
Erro	16	1148682,67	71792,67		
Total Corrigido	23	1517693,83			
CV (%):	18,67			DMS:	757,64

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 matematicamente, ou seja, 18,15% superior à testemunha, conforme (Figura 1).

O tratamento que menos contribuiu matematicamente para o aumento na produtividade de grãos foi o arranjo fósforo com potássio e o potássio individualmente.

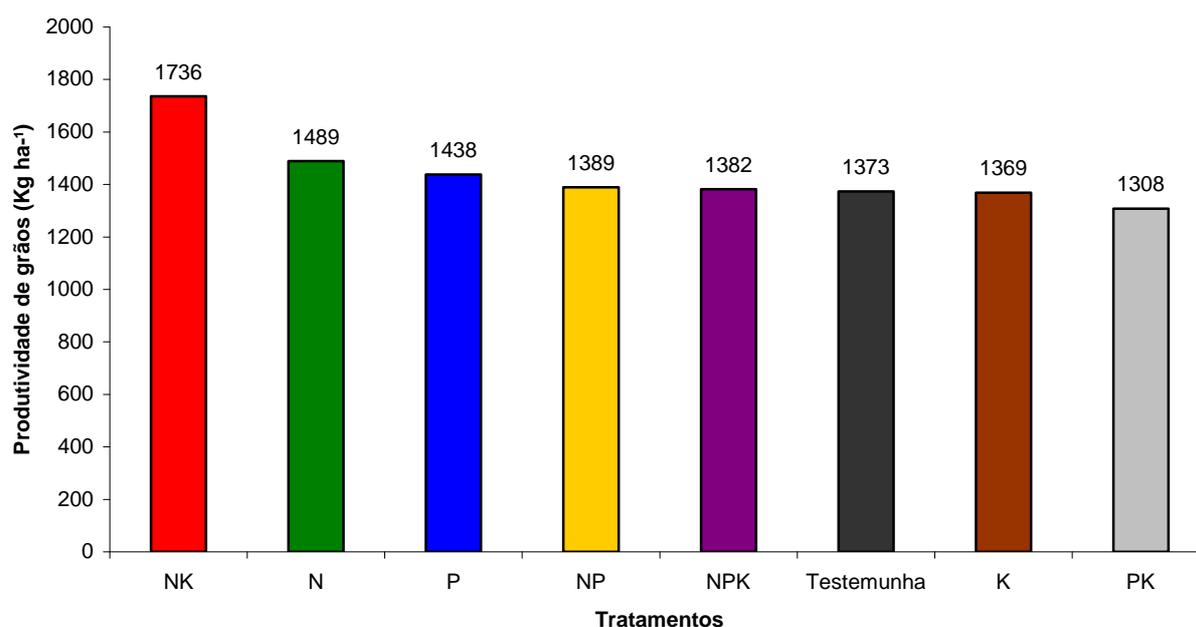


Figura 1. Produtividade de grãos da cultura do crambe com diferentes arranjos de adubação.

Ao trabalhar com diferentes níveis de adubação com potássio, Rosseto *et al.*, (1998) verificaram que não houve favorecimento do potássio no rendimento de sementes da canola.

Moreira *et al.*, (2010), avaliando a produtividade da cultura do crambe em resposta às variações na saturação por bases e adubação mineral com NPK, observou efeito significativo da adubação mineral (NPK) e interação entre adubação mineral e saturação por bases sobre a produtividade do crambe, contudo não verificou influência significativa pela saturação por bases. Os autores observaram aumento na produtividade com a adição de N, em média 12 % com a dose de 20 kg ha⁻¹ e 28% com a dose de 40 kg ha⁻¹ em relação à testemunha.

Isso pode ser explicado por Wright *et al.* (1988), que trabalhando com Colza, definiu que o tratamento com N prolonga a vida das folhas, melhora na floração e aumenta a assimilação das culturas em geral, contribuindo assim para o aumento na produção de sementes.

Observa-se também um pequeno ganho de produtividade de grãos quando se trata do tratamento com fósforo (P). Segundo estudos realizados pela Fundação MS, o crambe obtém resposta crescente à adubação com P quando o solo possui baixos teores deste elemento (Nery *et al.*, 2010). De acordo com tabela 1, a área do experimento possuía teor de 2,20 mg dm⁻³ interpretada como valor baixo de P para solos argilosos.

O potássio (K) não mostrou diferença significativa pelo provável motivo de já conter no solo um valor elevado (Laranjeira *et al.*, 2010). De acordo com tabela 1, a área possuía teor de 1,03 Cmol_c.dm³, valor alto para solos argilosos. Mantendo assim a boa produtividade dos demais arranjos, conforme Figura 1, a qual mostra uma produtividade aproximada de 1400 kg ha⁻¹ para K.

4.2. Rendimento de óleo

Por meio da análise de variância (Tabela 3), verificou-se que há diferença significativa a 5% de probabilidade entre os tratamentos, no rendimento de óleo do crambe. Vemos que o arranjo formulado por NPK foi o tratamento que condicionou melhor rendimento de óleo (Figura 2). Em contrapartida, os demais tratamentos não diferiram significativamente entre si e apresentaram valores inferiores em relação ao arranjo com NPK, à exceção de NK e P isoladamente.

Tabela 3. Análise de variância para rendimento de óleo da cultura do crambe com diferentes arranjos de adubação

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M	Fc	Pr > Fc
Tratamento	7	80582,71	11511,82	5,359	0,0026
Erro	16	34372,63	2148,29		
Total Corrigido	23	114955,35			
CV (%):	14,39			DMS:	131,06

Comparando-se os valores médios obtidos com os níveis do arranjo NPK com a testemunha, observou-se aumento aproximado no rendimento de óleo em 30%, conforme (Figura 2).

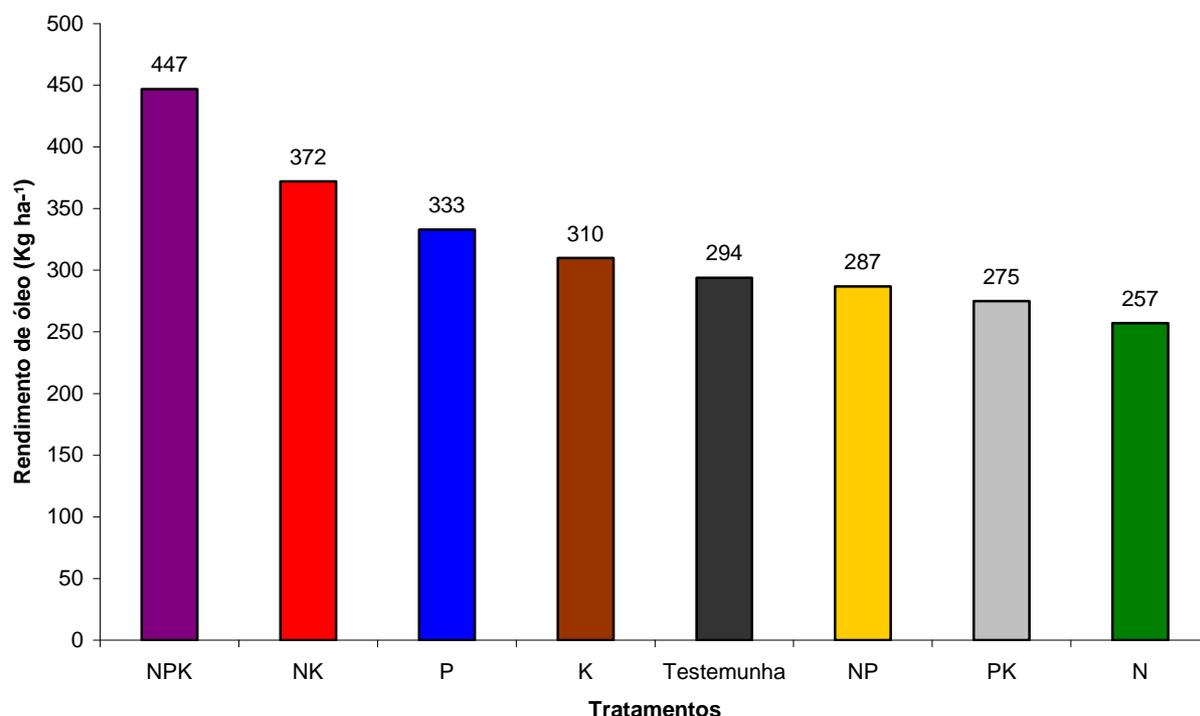


Figura 2. Rendimento de óleo da cultura do crambe com diferentes arranjos de adubação. Médias de tratamento seguidas por letras distintas diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com Ozer (2003), em dois experimentos simultâneos observou reduções na concentração de óleo em sementes de colza, causados pela aplicação de N. Isso pode explicar o fato de que o tratamento com N isolado, apesar de não diferir significativamente dos demais tratamentos, exceto NPK, ter sido matematicamente inferior. Para Cheema *et al.* (2001), o ocorrido não foi novidade, pois efeitos semelhantes foram relatados por Stoker e Carter (1984), os quais concluíram que ao aumentar a dosagem de N na adubação da Colza, a fim de avaliar o rendimento de óleo, observaram resultados negativos.

Esta redução no teor de óleo da semente de crambe quando se trata da adubação nitrogenada isolada, pode ainda ter outra explicação. Como a semente de canola e colza, da mesma família do crambe é composta principalmente por proteína e óleo (Ahmad *et al.*, 1999; Brennan *et al.*, 2000; Brennan e Bolland, 2007; Malhi e Gill, 2007) relatam que este efeito é ocasionado devido o N aumentar o ganho de proteína na semente, resultando assim na redução do óleo.

O tratamento com NPK foi o que apresentou melhores rendimentos de óleo nas sementes, diferindo significativamente dos demais tratamentos, com exceção do arranjo NK e P isolado.

Este resultado assemelha-se com o experimento realizado por Lavagnolli e Silva (2008), que estudando adubações com base em P e K, verificaram efeitos significativos no teor de óleo em função dos tratamentos. Observaram acréscimo de aproximadamente 28% e 30% no teor de óleo, quando aplicaram doses de P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Os teores de óleo obtidos nessa pesquisa estão de acordo com Lavagnolli e Silva (2008).

O cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson apresentou $r=0,19$. Portanto, conclui-se que há uma correlação linear fraca entre produtividade de grãos e rendimento de óleo.

Observa-se na Figura 3 que o rendimento de óleo é explicado linearmente pela produtividade de grãos do crambe em apenas 3,8% ($R^2 = 0,038$). Desta forma, podemos interpretar que a não ocorrência de diferença significativa para a produtividade de grãos entre os diferentes tratamentos não está associada à diferença existente entre os tratamentos para o rendimento de óleo. Ou seja, os nutrientes aqui analisados, que potencialmente podem alterar o rendimento de óleo, não necessariamente afetam a produtividade de grãos.

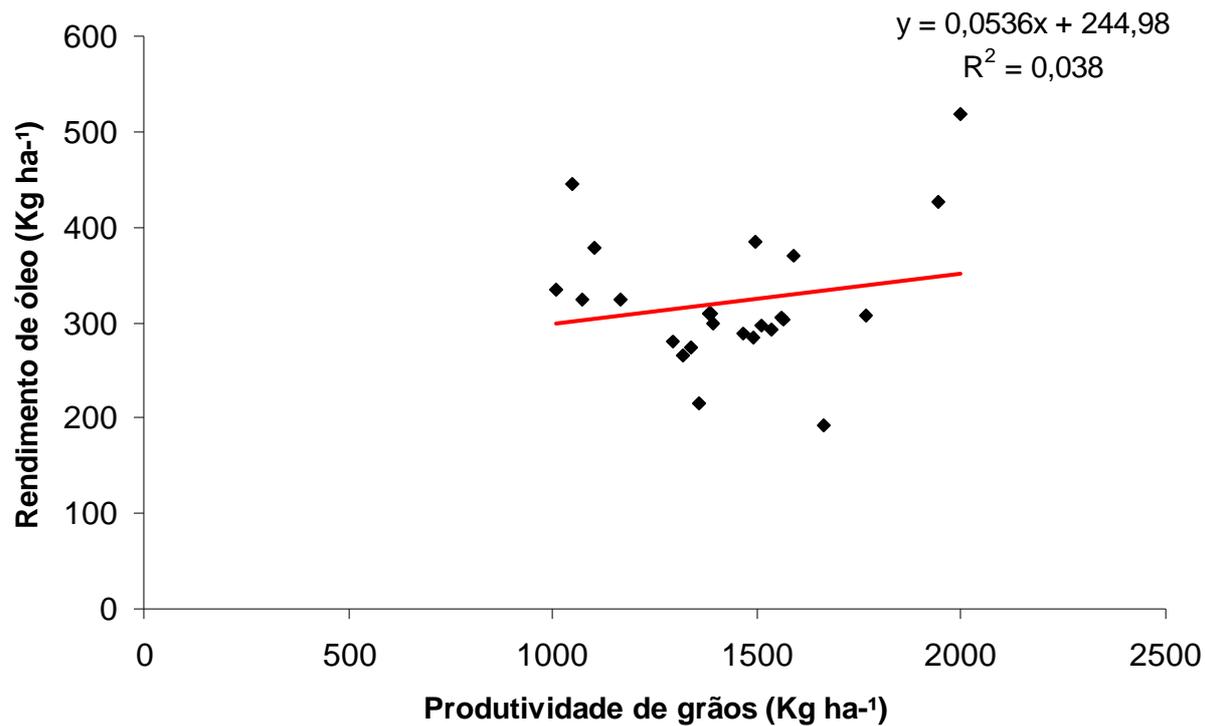


Figura 3. Análise de regressão linear do rendimento de óleo em função da produtividade de grãos da cultura do crambe.

5. CONCLUSÕES

1. Nenhum nutriente isolado ou em associação promoveu diferença significativa para a produtividade de grãos.
2. Para o rendimento de óleo, o arranjo composto por NPK promoveu diferença significativa dos demais tratamentos, à exceção dos tratamentos NK e P.
3. O rendimento de óleo está mais associado à qualidade do que na quantidade dos grãos da cultura do crambe.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, A., ABRAHAM, G., ABDIN, M.Z., 1999. Physiological investigation of the impact of nitrogen and sulphur application on seed and oil yield of rapeseed (*Brassica campestris* L.) and mustard (*Brassica juncea* L. Czern. and Coss.) genotypes. *J. Agron. Crop Sci.* 183, 19–25.

BILICH, F.; DA SILVA, R. Análise do potencial Brasileiro na produção de biodiesel. *Biodiesel: O novo combustível do Brasil. 1 Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. v. 1, p. 24-29, 2006.*

BRENNAN, R.F., BOLLAND, M.D.A., 2007. Effect of fertilizer phosphorus and nitrogen on the concentrations of oil and protein in grain and the grain yield of canola (*Brassica napus* L.) grown in south-western Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 47, 984–991.

BRENNAN, R.F., MASON, M.G., WALTON, G.H., 2000. Effect of nitrogen fertilizer on the concentrations of oil and protein in canola (*Brassica napus*) seed. *J. Plant Nutr.* 23, 339–348.

BROCH, D. L.; PITOL, C.; ROSCOE, R. Efeito de adubações de plantio e de cobertura sobre a produtividade de crame 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.

BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. Nutritional disorders of sunflower. Brisbane: University of Queensland, 1987. 72 p.

CASTRO, C; de 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.

CASTRO, C., BALLA, A., CASTIGLIONI, V. B. R. et al. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. *Sci. agric. Oct./Dec. 1999, vol.56, no.4, p.827-833.*

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

CARLSSON, A. S. Plant oils as feedstock alternatives to petroleum – a short survey of potential oil crop platforms. *Biochimie. n. 91. p. 665-670. Abr.2009.*

CHEEMA, M.A., MALIK, M.A., HUSSAIN, A., SHAH, S.H., BASRA, S.M.A., 2001. Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of Canola (*Brassica napus* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 186, 103^L/110.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006.

ERICKSON, D.B.; BASSIN, P. Rapeseed and crops: Alternative crops with potential industrial uses. KSU-Kansas State University. Manhattan KS 66506, no.89-498-B, b.656, 1990.

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.

KANO C; TIVELLI SW; PURQUERIO LFV; WUTKE EB. 2010. Desempenho do quiabeiro consorciado com *Mucuna deeringiana* e *Crotalaria spectabilis* na região Leste Paulista. *Horticultura Brasileira* 28: S1926-S1931. Disponível em http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_4/A2656_T4765_Comp.pdf, consultado em 06/01/2011.

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

LAVAGNOLLI, R. F.; SILVA, T. R. B. Efeito da adubação com fósforo e zinco na cultura do crambe. 2008. 10 f. Monografia (Curso de agronomia) – Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel – PR.

LIMA FILHO, D. O.; SOGABE, V. P.; CALARGE, T. C. C.; Mercado do Biodiesel: um Panorama Mundial; Revista Espacios, vol. 29, nº 1, 2008.

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

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 2006. 638p.

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

MALHI, S.S., GILL, K.S., 2007. Interactive effects of N and S fertilizers on canola yield and seed quality on S-deficient Gray Luvisol soils in northeastern Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.* 87, 211–222.

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.

MULLER, A. Armazenamento e germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst, Brassicaceae), CAMPO GRANDE, Anais. CAMPO GRANDE, 2008, UCDB.

MULLER, M. Crambe como Opção para Rotação de Cultura. Disponível em www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=11396, acessado em 18 de janeiro de 2010.

NERY, W. S. L.; ROSCOE, R.; BROCH, D. L.; FAVARO, S. P.; LARANJEIRA, L. T.; RANNO, S. K. Resposta do crambe FMS brilhante a doses crescentes de fósforo. 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.; VINHOTES, P.S.; TILLMANN, C.A.C.; VILLELA, F.A. Qualidade fisiológica em cultura de crambe produzidas em Mato Grosso do Sul. EMBRAPA. Disponível em: http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/Agroenergia_2007/Agroener/trabalhos/Outras%20culturas.../Neves_1.pdf. Acesso em: 23 out. 2009.

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*. Madson WI 53706, 1991.

OZER, H. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Ataturk University, Erzurum 25240, Turkey* Received 4 April 2002; received in revised form 11 September 2002; accepted 11 October 2002 *Europ. J. Agronomy* 19 (2003) 453^L/463.

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

PITOL, C. *Cultura do crambe. Tecnologia e produção: Milho safrinha e culturas de inverno 2008*. Fundação MS, 2008.

ROSCOE, R.; DELMONTES, A.M.A. Crambe é nova opção para biodiesel. *Agriannual 2009*. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 40-41.

RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres: Potafos, 1991, 343p.

ROSSETTO, C. A. V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A. Efeito da adubação potássica e da época de colheita na produtividade de canola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 87-94, 1998.

SHUCHARDT, U. F.; SERCHELI, R.; VARGAS, M.; J. BRAZ. *Chemical Society*, v. 9, n.190, 1998.

SILVA, P. R. *et al.* Caracterização físico-química de óleo e biodiesel metílico de crambe. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 3, 2009, Brasília. Anais. Brasília, 2009.

SOUZA, C. D. R.; CHAAR, J. S.; SOUZA, R. C. R.; JEFFREYS, M. F.; SOUZA, K. S.; COSTA, E. J. C.; SANTOS, J. C. Caracterização físico-química das misturas binárias de biodiesel e diesel comercializados no Amazonas. *Acta Amaz.* [online]. 2009, vol.39, n.2, pp. 383-387.

SOUZA, L. C. F.; MAKINO, P. A.; FREITAS, M. E.; PEDROTTI, M. C.; BERNAL, L. P. T.; FORTUNATO, F. M.; OLIVEIRA, I. P. Teores de nitrogênio, proteína e óleo nos grãos da cultura do crambe em função da adubação fosfatada e potássica em semeadura e nitrogenada em cobertura. 4º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL; 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2010. Anais... Belo Horizonte, 2010.

STOKER, R., CARTER, K.E., 1984. Effect of irrigation and nitrogen on yield and quality of oilseed rape. *N.Z. J. Exp. Agric.* 12, 219^L 224.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. *Campus* de Curitiba – Gerência de Ensino e Pesquisa, Departamento Acadêmico de Química e Biologia. Prática Laboratorial – Extração Sólido-Líquido. Curitiba, 2009.

VEDANA, U. Crambe *abyssinica* promissora planta para Biodiesel. Disponível em: www.biodieselbr.com/blog/vedana/2007/crambe-crambe-abyssinica-promissora-planta-para-biodiesel/, acessado em 19 de janeiro de 2010.

WRIGHT, G.C., SMITH, C.J., WOODROFFE, M.R., 1988. The effect of irrigation and nitrogen fertilizer on rapeseed (*Brassica napus*) Production in South-Eastern Australia I. Growth and seed yield. *Irrig. Sci.* 9, 1^L/13.

ANEXOS



Prática nº 01 – Extração Sólido-Líquido

Disciplina: Síntese Orgânica 1

Prof. Dr. Paulo Roberto de Oliveira

Materiais e Reagentes

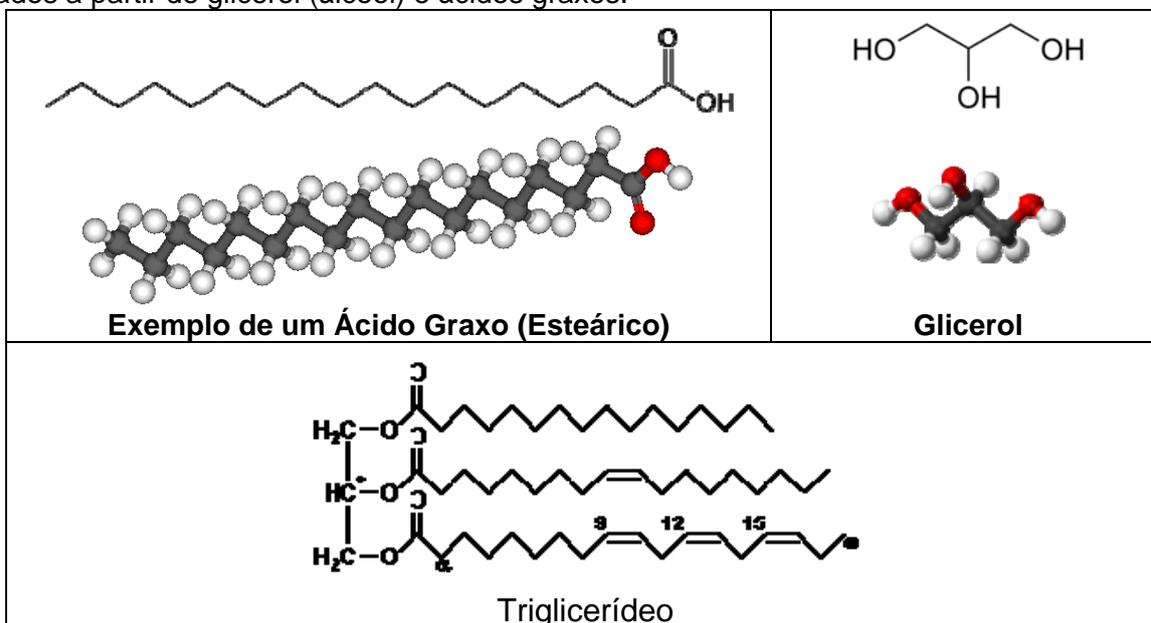
- 1 Balão de Fundo Chato de 250 mL (Tarado)	- 1 Chapa de Aquecimento	- 1 Grampeador
- 1 Sistema Soxhlet Completo (condensador e extrator)	- 1 Balança Semi-Analítica (MP)	- 2 Frascos de hexano (MP)
- 1 Suporte Universal	- 1 Espátula	- 200g de soja seca e moída (MP)
- 2 Garras	- 2 Papéis Filtros	- 1 Proveta de 250 mL
- 2 Mufas	- 1 Dessecador (MP)	- 1 Cartucho de Algodão ou de Alumínio
- Algodão (MP)	- 2 Mangueiras de circulação de água	- 1 pinça
	- 2 Frascos de hexano de 1L (MP)	- 1 Frasco para coleta de hexano (MP)

1 – Objetivos

- Demonstrar experimentalmente o funcionamento de um Extrator Soxhlet.
- Realizar a extração do óleo a partir da semente de soja moída.
- Determinar a porcentagem de óleo contido na amostra.

2 – Introdução

O termo lipídico é utilizado para gorduras e substâncias gordurosas. Lipídeos são definidos como componentes do alimento que são insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. Os óleos, gorduras e graxas são os lipídios mais comuns, sendo constituídos de triglicerídeos formados a partir de glicerol (álcool) e ácidos graxos.



Os lipídios são substâncias que podem ser extraídas de plantas ou matéria animal, através de solventes orgânicos apolares ou de baixa polaridade, tais como clorofórmio, éter etílico, n-hexano, ou tolueno.

Os óleos, gorduras e graxas são constituintes importantes das águas residuárias. Óleos e gorduras, geralmente provem dos alimentos e constituem um grupo de compostos significativos, principalmente na composição dos esgotos municipais.

O termo óleo e graxa inclui óleos, gorduras, ceras, e outros constituintes solúveis em solventes orgânicos como, por exemplo, o n-hexano. Óleos, gorduras e graxas são insolúveis em água. Os óleos apresentam-se no estado líquido à temperatura ambiente e as gorduras são sólidas nas mesmas condições. Os óleos e graxas podem ser hidrolisados em meio alcalino,

originando o glicerol e o sal de ácidos graxos, normalmente denominados de sabões, sendo essa reação conhecida como saponificação.

Uma das principais características dos óleos e graxas é a sua alta resistência a degradação em meio anaeróbio. Quando presentes em altas concentrações podem causar problemas diversos tais como acúmulo de espuma em biodigestor, obstrução de poros em meios filtrantes, não são facilmente decompostos por bactérias em geral, e por esse fato, podem causar sérios problemas ao tratamento das águas residuárias quando presentes.

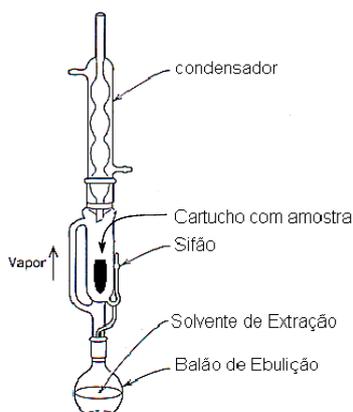
Para determinação dos óleos e graxas, podem-se utilizar três métodos: o método de partição gravimétrica usando funil de separação, o método da partição infravermelho e o método de extração Soxhlet. Nestes métodos os óleos e graxas são extraídos da amostra por contato com o solvente orgânico que é posteriormente separado. O teor de óleos e graxas corresponde ao peso do resíduo remanescente após a evaporação do solvente. Compostos que se volatilizam a uma temperatura igual ou menor que 70°C, serão perdidos durante o procedimento analítico.

Quando preparamos um chá, um café, ou mesmo um chimarrão, estamos fazendo uma extração sólido-líquido. Nestes casos, componentes que estavam na fase sólida (no pó de café ou nas ervas) passam para a fase líquida (água). Porém, nos casos onde a solubilidade do soluto é pequena, ou quando quisermos maximizar a extração do soluto, utiliza-se a técnica da extração contínua. Um aparelho muito utilizado para este fim é o Extrator de Soxhlet (Figura 1).



Figura 1. Fotos que representam um Extrator Soxhlet.

O método descrito por Franz Von Soxhlet em 1879 é um exemplo de um processo contínuo para extração de lipídios a partir de alimentos. O óleo e gordura de materiais sólidos são extraídos por repetidas lavagens (percolação), com um solvente orgânico, geralmente hexano ou éter petróleo, sob refluxo em um vidro especial (Figura 2).



Soxhlet Franz Von
1848-1926

Figura 2. Extrator Soxhlet

Esta técnica é particularmente útil nos casos em que o composto puro é parcialmente solúvel em um solvente e as impurezas não. Neste método, a amostra é seca, moída em pequenas partículas e colocada em um filtro de celulose poroso ou de papel. O filtro é colocado na

câmara de extração que está suspensa acima do balão contendo o solvente e abaixo de um condensador. O balão é aquecido e evapora o solvente que se move na fase gasosa em direção ao condensador onde é convertido em um líquido que goteja no filtro contendo a amostra. A câmara de extração é projetada de modo que quando o solvente em torno da amostra for superior a altura máxima do sifão, o líquido transborda para o balão onde é aquecido, e novamente evapora, completando um ciclo. No final do processo de extração o solvente é retirado antes de atingir a altura máxima do sifão e o óleo é concentrado no balão. A massa do óleo é determinada e o percentual de óleo na amostra pode ser calculado.

3 – Parte Experimental

- 3.1 Pesar 5 g de soja (seca e moída anteriormente) em um papel filtro;
- 3.2 Dobrar o papel com cuidado para evitar que parte da amostra seja perdida durante o processo de extração;
- 3.3 Colocar a amostra amostra no interior de um cartucho de algodão ou alumínio;
- 3.4 Adicionar o cartucho no extrator Soxhlet de tal forma que o mesmo fique totalmente submerso no hexano durante a extração;
- 3.5 Pesar o balão de fundo chato de 250 mL;
- 3.6 Adicionar 150 mL de hexano (cuidado-inflamável) no balão e conectar ao extrator Soxhlet;
- 3.7 Ligar a circulação de água para condensar o hexano e evitar que haja perda significativa do solvente;
- 3.8 Deixar o sistema sobre aquecimento (110° C) e circulação de solvente por um período de 2:30 h numa velocidade de aproximadamente 120 gotas por minuto (12h pelas normas da AOCS – Método Ac 3.11, 1983);
- 3.9 Após este período, interromper a extração exatamente após o esvaziamento da câmara de extração.
- 3.10 Tirar o cartucho contendo a amostra e reaquecer até que a câmara de extração esteja quase cheia.
- 3.11 Despejar o solvente destilado em uma garrafa marcada “solvente recuperado”. Remontar o aparelho e repetir a operação de destilação do solvente até que o balão fique quase seco. Tomar cuidado para que o frasco não fique completamente seco, pois se isso acontecer, irá decompor a gordura.
- 3.12 Desligar o aquecedor, desconectar a parte do meio e deixar o balão sobre a chapa para evaporar o resto de solvente.
- 3.13 Levar a estufa por 1h à 70-80° C.
- 3.14 Retirar o balão, colocar em um dessecador e deixar por 30 minutos até atingir a temperatura ambiente.
- 3.15 Pesar o balão em balança analítica, calcular a diferença de peso entre o balão vazio e contendo o óleo;
- 3.16 Calcular a porcentagem do óleo na amostra de soja.

4 – Questões

- 4.1 Em que se baseia a técnica de Extração por Solvente?
- 4.2 Por que a soja deve ser seca e moída antes do processo de extração?
- 4.3 Qual é a origem dos óleos e graxas encontrados em águas residuárias?
- 4.4 Qual a consequência da presença destas substâncias em corpos d’água?
- 4.5 Seria possível extrair uma substância que tivesse o ponto de ebulição menor do que o do hexano?

5 – Bibliografia

- 5.1 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 Meio Ambiente, 11, 137, 2001
- 5.2 BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F.; ARCE, M. A. B. R., *Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal*, Quim. Nova, in press, 2009.
- 5.3 AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY (AOCS) *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemist's Society*. 3 ed., Champaign, 1983.
- 5.4 VIANNA, J. F.; PIRES, D. X.; VIANA, L. H., *Processo Químico Industrial de Extração de Óleo Vegetal: Um experimento de Química Geral*, Quim. Nova, 22, 5, 1999.