|UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

THAMIRIS BARBIZAN

# PARÂMETROS AGRONÔMICOS DE CRAMBE CULTIVADO NO SUDOESTE DO PARANÁ

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO
2014

THAMIRIS BARBIZAN

# PARÂMETROS AGRONÔMICOS DE CRAMBE CULTIVADO NO SUDOESTE DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Jaquiel Waclawovsky

PATO BRANCO

2014

B237p Barbizan, Thamiris
Parâmetros agronômicos de crambe cultivado no sudoeste do Paraná / Thamiris Barbizan. -- 2014.
70 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Jaquiel Waclawovsky
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2014.
Bibliografia: f. 58 – 64.

1. Crambe abyssinica. 2. Biodiesel. 3. Produção. I. Waclawovsky, Alessandro Jaquiel, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD (22. ed.) 630

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco

inserir a folha do termo de aprovação nesta pagina
(enviado por correios)

Aos meus pais Paschoal e Isabel, pelo apoio e amor incondicional.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas bençãos e oportunidades a mim concedidas.

Á minha família, aos meus pais pelo incentivo, não só nessa etapa, como em toda a minha vida. Por acreditarem, ensinarem valores e não permitirem que eu jamais desistisse dos meus sonhos.

Ás minhas irmãs Thaís e Thássia, por serem as melhores companhias da minha vida.

Ao meu afilhado Arthur, pela alegria.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos e a todos que participaram, por me acolher esses anos.

Ao professor e orientador, Alessandro, por me ensinar a crescer.

Á Fabiana de Paula, por me orientar em várias ocasiões.

Á equipe de graduandos que me acompanharam em toda a trajetória, André, André Lucas, Willlian e Jean.

Á amiga Fabiana por me ajudar inúmeras vezes e aos demais amigos da faculdade que fizeram parte desse projeto.

Agradeço a Martha, Gabriela e Carla, pela amizade verdeira, por me ouvirem e mesmo distante serem meu ponto de apoio.

Ao Fábio, pelo carinho, companheirismo e paciência.

Aos amigos que fiz nesses anos, Simone e Murilo, pelo apoio, pelas conversas, pelas risadas e por tornarem esse período mais fácil e prazeroso.

Enfim, agradeço a tantos outros amigos e pessoas que fizeram parte deste sonho, ajudando de alguma forma.

Muito Obrigada a todos.

## RESUMO

BARBIZAN, Thamiris. Parâmetros agronômicos de crambe cultivado no sudoeste do Paraná. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

O crambe (*Crambe abyssinica*) apresenta elevado potencial para a produção de biodiesel e é uma alternativa para a segunda safra, cultura de outono/inverno e rotação de culturas. A cultura apresenta diversas características interessantes ao produtor, entre elas: alto teor de óleo na semente, baixo custo de produção, tolerância ao estresse hídrico, rusticidade e precocidade. O objetivo do trabalho foi definir para a região Sudoeste do Paraná o espaçamento e densidade de semeadura além da época de semeadura e seus efeitos sobre a qualidade das sementes, bem como determinar o consumo hídrico e o coeficiente de cultura. Foram realizados quatro experimentos, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos, nos anos de 2012 e 2013, buscando analisar os efeitos da época de semeadura, espaçamento e densidade de cultivo do crambe, o consumo hídrico da planta e análise fisiológica das sementes produzidas. As épocas de semeadura foram de 28 de março a 08 de junho sendo realizados a cada 15 dias. Os espaçamentos de 17 e 51 cm e densidades de 60, 80, 100, 120 e 140 sementes $m^{-2}$. Foram avaliados os parâmetros produção, germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas e matéria seca das plântulas. A melhor época observada de semeadura foi a segunda semana de março. Não houve efeito significativo do espaçamento sob a produtividade. As densidades de 100 a 140 sementes $m^{-2}$, apresentaram os melhores resultados. O Kc foi de 0,64 até o início de florescimento, 0,84 até início da frutificação e 0,79 até início da senescência.



**Palavras-chave:** *Crambe abyssinica*. Biodiesel. Produção.

## ABSTRACT

BARBIZAN, Thamiris. Crambe´s agronomic parameters planted in South-west Paraná. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2014.

The crambe (Crambe abyssinica) presents itself as a full potential for this end and also it's a great alternative to the second harvest, the fall/winter´s culture and crop rotations. Crambe shows many good characteristics that are very interesting for the producer, among them are: high concentration of fat in the seed, low production cost, high tolerance to hydric stress, simplicity and precocity. The main objective was to define the spacing and density for the Southwest region of Paraná, and also determine the plantation period as well it´s effects over the quality of the seeds, furthermore the determination of the hydric consumption and culture rate. Four other experiments were conducted at Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos, in the years 2012 and 2013, seeking to analyze the effects in the plantation period, spacing, density, water consumption and the physiologic analysis of the produced seeds. The planting occurred between March 28th until June 8th each one being planted every 15 days. The spacing were from 17 and 51 cm. and densities of 60, 80, 100, 120 and 140 seeds per m². The analysis of the seed consists in: Germination, index of germination speed, length of the seedlings and dry matter of the seedlings. The best period for both of planting as quality of the production itself was in the second week of March, the spaces did not interfere and the best densities are 100 to 140 seeds per m². The Kc was 0,64 until the blossoming, 0,84 until the fructification and 0,79 until ripeness.



**Keywords:** *Crambe abyssinica*. Biodiesel. Production.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Lisímetros utilizados no experimento de consumo hídrico. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014….30

Figura 2 - Efeito da densidade (A e C) e do espaçamento (B e D) sobre a produtividade (kg ha-1) de crambe nos anos agrícolas de 2012 (A e B) e 2013 (C e D). UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....39

Figura 3 - Efeito da densidade (A) e do espaçamento entre linhas (B) sobre a área foliar de crambe aos 100 DAS no ano agrícola de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....42

Figura 4 - Dados metereológicos de temperatura (A e B), umidade relativa do ar (C e D) e precipitação (E e F) registrados em Dois Vizinhos em 2012 (A, C e E) e 2013 (B, D e F) entre os meses de março e agosto. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....44

Figura 5 - Dados meteorológicos médios de temperatura (A), umidade relativa do ar (B) e precipitação (C) quinzenais entre os meses de março e agosto de 2012 e 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.….46

Figura 6 - Danos registrados após a ocorrência de geadas no ano agrícola de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014..... 46

Figura 7 - Sintomas de Alternaria Sp. em folha e sementes de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014. ..... 47

Figura 8 - Efeito da densidade (A) e do espaçamento entre linhas (B) sobre a incidência de plantas afetadas no crambe no ano agrícola de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....47

Figura 9 - Ciclo de desenvolvimento da cultura do crambe para os anos de 2012 (A) e 2013 (B). UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....52

Figura 10 - Valores da evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura e coeficiente de cultura nos anos de 2012 (A) e 2013 (B). UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....53

Figura 11 - Valores da evapotranspiração da cultura (consumo hídrico), temperatura média e umidade relativa do ar nos anos de 2012 (A) e 2013 (B). UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Efeito da época de semeadura sobre a produtividade, número de rácemos por planta (NRP), número de frutos por rácemo e número de frutos total na colheita de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....37
Tabela 2. Efeito da época de semeadura sobre a área foliar, altura e perdas na colheita de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....38
Tabela 3. Efeito da densidade e espaçamento entre linhas sobre a altura da planta no momento da colheita de crambe no ano agrícola de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....41
Tabela 4. Efeito da época de semeadura sobre a massa de mil sementes, germinação e o índice de velocidade de germinação de sementes de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....49
Tabela 5. Efeito da época de semeadura sobre a matéria seca, comprimento de parte aérea e comprimento da raiz de plântulas de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....50
Tabela 6. Valores de Kc médio nas diferentes fases fenológicas do crambe nos anos de 2012 e 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.....55

## LISTA DE SIGLAS

| | |
|---|---|
| BOD | Biochemical Oxigen Demand |
| BDA | Batata-Dextrose-Agar |
| CV | Coeficiente de variação |
| DAS | Dias após semeadura |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| IVG | Índice de velocidade de germinação |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| MDIC | Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior |
| MDA | Ministério do Desenvolvimento Agrário |
| NFR | Número de frutos por rácemos |
| NFT | Número de frutos total |
| NRP | Número de rácemos por planta |
| PNPB | Programa Brasileiro de Produção e Uso de Biodiesel |
| PR | Unidade da Federação – Paraná |
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |

## LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| cm | Centímetros |
| Kc | Coeficiente de cultura |
| Dr. | Doutor |
| *et al.* | E outros |
| ETc | Evapotranspiração da cultura |
| ETo | Evapotranspiração de referência |
| g | Grama |
| ha | Hectare |
| L | Litro |
| MJ | Megajoule |
| m² | Metro quadrado |
| µL | Microlitro |
| mm | Milímetro |
| kg | Quilo |
| kPa | Quilo pascal |
| T | Temperatura |
| U | Umidade |

## LISTA DE ACRÔNIMOS

| | |
|---|---|
| Fundação MS | Fundação Mato Grosso do Sul |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia |
| IPARDES | Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social |
| NAE | Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República |
| MAPA | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento |
| SAF | Secretaria da Agricultura Familiar |
| SOC | Software Científico |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|---|---|
| °C | Grau Celsius |
| % | Porcentagem |

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO.....15**
**2 REVISÃO DE LITERATURA.....17**
2.1 O CRAMBE.....17
2.2 CULTIVO.....18
2.3 ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA SEMENTE.....20
2.4 PROPRIEDADES DO GRÃO E USO INDUSTRIAL.....21
2.5 BIODIESEL.....21
2.6 CRITÉRIOS AGRONÔMICOS.....22
2.7 CONSUMO HÍDRICO.....23
2.8 SUDOESTE DO PARANÁ.....24
**3 MATERIAL E MÉTODOS.....26**
3.1 ÁREA EXPERIMENTAL E MATERIAL VEGETAL.....26
3.2 TRATOS CULTURAIS.....26
3.3 TRATAMENTOS.....28
3.3.1 Épocas de semeadura.....28
3.3.2 Espaçamento e densidade.....29
3.3.3 Consumo hídrico.....30
3.3.4 Análises fisiológicas de sementes.....32
3.4 IDENTIFICAÇÃO DE DOENÇAS.....33
3.5 DADOS METEOROLÓGICOS.....34
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....35
**4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....36**
4.1 EFEITO DA ÉPOCA DE SEMEADURA.....36
4.2 EFEITO DA DENSIDADE E DO ESPAÇAMENTO.....38
4.3 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E OCORRÊNCIA DE DOENÇAS.....42
4.4 FISIOLOGIA DA SEMENTE.....48
4.5 CONSUMO HÍDRICO.....51
**5 CONCLUSÕES.....56**
**6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....57**
**REFERÊNCIAS.....58**
**APÊNDICES.....66**

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem buscado diferentes alternativas para diminuir o uso de combustíveis mineral, derivados do petróleo, visando a menor emissão de gases causadores de efeito estufa. Neste sentido, destaca-se os biocombustíveis, principalmente o etanol e biodiesel. Estes além de serem combustíveis menos poluentes e de fontes renováveis, permitem o ciclo fechado de carbono, onde o carbono é absorvido pela planta como $CO_2$ e posteriormente liberado durante a combustão do combustível.

O etanol, proveniente da cana-de-açúcar, é comumente utilizado como combustível e desde 2003, com o surgimento de carros FLEX, modelos adaptados tanto para o uso de gasolina quanto etanol, tem conquistado espaço.

Em outra frente, mas com o mesmo objetivo, o biodiesel vem sendo introduzido no mercado como alternativa para uma matriz energética menos poluente. Com o Programa Brasileiro de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), lançado pelo Governo Federal em 2005, a produção e utilização do biodiesel cresceu, o qual vem sendo adicionado ao diesel, com uma mistura de 2% ou mais.

As principais fontes para a produção do biodiesel no Brasil são: soja, amendoim, colza, dendê, mamona, girassol, entre outras. A maioria são culturas de verão, tornando o inverno deficiente em alternativas de matéria-prima. Além disso, os óleos vegetais extraídos dessas plantas são comumente utilizados para alimentação humana e outros fins, aumentando a competitividade do mercado.

O crambe (*Crambe abyssinica*) apresenta elevado potencial para a produção de biodiesel, pois é uma alternativa para a segunda safra ou cultura de outono/inverno. Seu óleo não é comestível, sendo destinado à indústria química para a produção de lubrificantes, cosméticos, entre outros.

A cultura do crambe apresenta diversas características interessantes ao produtor, entre elas: alto teor de óleo na semente, baixo custo de produção, tolerância ao estresse hídrico, rusticidade e precocidade. Todas as fases do processo de produção do crambe, desde a semeadura até a colheita pode ser de feito maneira mecanizada, com máquinas disponíveis aos produtores.

O crambe pode ser uma alternativa para rotação de cultura e cultura de outono/inverno. Além disso, a capacidade de enraizamento profundo, permite uma maior tolerância ao déficit hídrico, permitindo retirada de água e nutrientes do solo em camadas mais profundas.

No Brasil, a única cultivar lançada é a FMS Brilhante, desenvolvida pela Fundação MS. Por se tratar de uma cultura com baixa variabilidade genética, tem se obtido pouco sucesso com a importação de material genético. Recentemente, foram obtidos no programa de melhoramento de crambe da Fundação MS outros genótipos, os quais foram selecionados utilizando critérios como ciclo e estrutura da planta.

Sua inserção na matriz produtiva do Sudoeste do Paraná é bastante promissora, já que se trata de uma cultura de baixo custo de produção tornando-a atrativa para os pequenos agricultores da região. Outro importante fator, é que o PNPB estabelece uma redução de tributos federais sobre a produção de biodiesel desde que na produção da matéria prima esteja envolvido a agricultura familiar, o que tem servido como estímulo para formação de parcerias entre as empresas e os pequenos agricultores familiares da região, principalmente com relação à soja.

Sendo assim, este trabalho buscou definir para a região Sudoeste do Paraná o espaçamento e densidade de semeadura além da época de semeadura e seus efeitos sobre a qualidade das sementes, bem como determinar o consumo hídrico e o coeficiente de cultura.

# 2 REVISÃO DE LITERATURA

## 2.1 O CRAMBE

O crambe (*Crambe abyssinica*) pertence à família *brassicaceae* e tem como centro de origem a Etiópia. A planta apresenta ciclo anual, porte herbáceo, caule ramificado com altura média de 80 cm (OYEN, 2007). Possui Folhas alternas, peninérvea (nervuras ramificadas), largas, opostas lobadas, com cerca de 4 a 15 centímetros, com pecíolos pilosos (ENDRES & SCHATZ, 1993). O caule ramifica-se, formando cerca de 30 galhos que se ramificam em galhos terciários (DESAI *et al.*, 1997).

As flores são hermafroditas, pequenas, com coloração branca, apresentam quatro sépalas e quatro pétalas brancas de aproximadamente 3 mm. A polinização é cruzada, ou seja, é uma planta alógama (PITOL *et al*. 2010).

Os frutos são do tipo cápsula, redondos, indeiscentes, com grãos inicialmente de coloração verde com cerca de 2 milímetros e marrom claro na maturidade. A semente é esférica, de cor marrom ou marrom-esverdeada com cerca de 0,80 a 2,60 milímetros (DESAI *et al*., 1997) e possui cerca de 36 a 38% de óleo.

No Brasil, a única variedade lançada foi a FMS Brilhante, que foi obtida a partir de materiais adaptados no México. As pesquisas agora buscam novas variedades para que a planta se torne cada vez mais cultivada. A limitação dos programas de melhoramento se dá por se tratar de uma espécie com base genética estreita, sendo muitas vezes necessário uso de hibridações e mutações para criar maior variabilidade. Segundo Pitol *et al*. (2010), o *Crambe abyssinica* é uma planta alohexaploide (2n=6x=90) e as espécies mais próximas são *Crambe hispanica* e *Crambe glabrata*, porém com número de cromossomos diferentes, sendo 30 e 15 respectivamente.

Apesar das limitações, há outras variedades, como: Prophet (EUA), Indy (EUA), Meyer (EUA), BelAnn (EUA) e BelEnzian (EUA) (GOLZ, 1993; OPLINGER *et al.,* 1991).

## 2.2 CULTIVO

No Brasil o cultivo do crambe é recente e pouco conhecido, porém a planta é cultivada em maior escala nos Estados Unidos e Europa. As pesquisas no Brasil iniciaram-se em 1995, principalmente na Fundação Mato Grosso do Sul, com o intuito de fornecer uma nova opção para cobertura do solo no inverno. Porém a produção de cobertura se mostrou inferior à de outras já utilizadas com essa finalidade como o nabo forrageiro. Posteriormente, voltou a ser pesquisado como fonte para produção de biodiesel (PITOL, 2008).

A cultura apresenta um ciclo bastante curto, em torno de 90 dias e se mostra bastante tolerante o déficit hídrico, porém apresenta algumas limitações com relação ao solo. Este deve estar corrigido, em relação a acidez e toxidez de alumínio. O crambe é muito sensível a estas duas condições. Além disso, é importante que o solo tenha boa fertilidade. Segundo Pitol e*t al.* (2010), com a semeadura do crambe em segunda safra não há a necessidade de adubações e correções, pois o solo é adubado e corrigido para as culturas de verão. É importante só fazer adubação de reposição, ou seja, repor os nutrientes que são exportados.

No Mato Grosso do Sul a semeadura do crambe pode ser feita de março a maio, porém este período pode-se estender, até julho, dependo da região, clima e disponibilidade de água (PITOL *et al*., 2010). Estudos estão sendo feitos para saber as melhores épocas de semeadura em outras regiões. É importante levar em consideração as exigências e limitações da cultura em cada estádio, para que a escolha da época de semeadura permita que a planta se desenvolva em condições climáticas favoráveis.

O espaçamento recomendado do crambe é entre 17 a 45 cm. Sendo assim, podem ser usados os equipamentos e maquinários que são utilizados em outras culturas, assim como na colheita (OPLINGER *et al.*, 1991). Ou seja, o cultivo é totalmente mecanizável e não há necessidade de equipamentos específicos para o crambe. A escolha por espaçamentos menores facilita o controle de ervas daninhas, já que ocorre o fechamento da cultura mais rapidamente.

Quanto a densidade de semeadura, experimentos realizados pela Fundação MS encontraram melhores resultados com 120 a 140 sementes $m^{-2}$, mas

a recomendação pode variar entre 70 a 140 sementes $m^{-2}$ (PITOL, 2008). O crambe apresenta capacidade de engalhamento, que pode compensar a produção quando se há diminuição no estande.

A planta torna-se bastante suscetível a doenças, quando as condições são favoráveis aos fitopatógenos. A doença de maior importância é a Alternaria (*Alternaria sp.*). Os sintomas da doença compreendem manchas pequenas, quase pretas com formação de halo clorótico, escurecimento na haste da planta e na semente, prejudicando a germinação. (CARNEIRO *et al*., 2009; OPLINGER *et al*., 1991). Moers *et al*. (2012), identificaram também ocorrência *Fusarium sp.*, que causa tombamento nos estádios iniciais da planta. Outras doenças como esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiarum*), canela preta (*Leotosphaeria maculans*) e podridão radicular pelo *Pythium* foram registradas (GLASER, 1996). Para controle de doenças é indicado cultivo em lugares secos com baixa precipitação e umidade relativa do ar e solo. Além disso, a prática de rotação de cultura é também indicada (GOLZ, 1993).

A colheita do crambe pode ser totalmente mecanizada, como já citado anteriormente, pode ser usado o mesmo maquinário empregado para a soja e milho, por exemplo. Quando há maturação desuniforme se faz necessária a dessecação para evitar perda por debulha e queda dos frutos. O ideal é que a umidade do grão esteja em torno de 14% (GLASER, 1996)

Uma desvantagem do crambe é que pelo grão ser muito leve, o custo de transporte e armazenamento se torna mais caro. Segundo Pitol *et al*. (2010), o metro cúbico do crambe pesa em torno de 340 kg, que é cerca da metade da soja. Isso faz com que tanto o transporte quanto o armazenamento fique em torno de 60% mais oneroso que o da soja. Uma alternativa para diminuir o preço de armazenamento é a utilização de silos bolsas na propriedade. Estes possuem um custo menor e auxilia no problema de capacidade de armazenamento que o Brasil apresenta.

As principais áreas de cultivos estão localizadas nos Estados Unidos e alguns países da Europa. Na Europa se destaca o Reino unido, porém não há dados de produção. Outros países europeus que cultivam o crambe são: Itália, França e Portugal. Nos Estados Unidos destaca se principalmente o Estado da Dakota do

Norte, onde a área plantada já chegou a 20.000 ha, onde a produtividade pode variar entre 1300 a 2000 kg $ha^{-1}$, porém há relatos de produtividade até 3000 kg $ha^{-1}$ em alguns lugares dos EUA e Europa. Esta produtividade é atingida nesses países, pois o crambe é plantado como safra principal. Por outro lado, não há aumento da área plantada, pois concorrem com as principais culturas, já que nesses países o clima impossibilita o cultivo da segunda safra. Já no Brasil, a variedade FMS Brilhante, obtém uma produtividade em torno de 1000 a 1500 kg $ha^{-1}$ (PITOL *et al*., 2010; JASPER, 2009).

## 2.3 ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA SEMENTE

A semente do crambe é esférica e em cápsula. Esta estrutura que envolve o tegumento é denominada pericarpo (RUAS *et al*., 2010) e serve para proteção a danos físicos e entrada de microrganismos, aumentando assim o tempo de conservação da semente. Porém, segundo Ruas *et al.* (2010), Neves *et al.* (2007) e Cangussu *et al.* (2013) testes de germinação mostraram que quando é retirado o pericarpo da semente são obtidos melhores porcentagens de germinação, assim como, maior velocidade.

Para que consiga as produtividades esperadas e obter sucesso nas lavouras, é necessário entre outros fatores que a semente seja de boa qualidade (AZEVEDO *et al.,* 2003; QUEIROGA *et al,* 2005). Por isso testes de qualidade de sementes são de extrema importância. Em experimentos de germinação, Pilau *et al*. (2012), afirmaram que a temperatura ideal de germinação da semente de crambe é de 25°C e temperaturas menores que 12°C ou superiores a 30°C prejudicam a germinação.

Outros fatores importantes são a utilização de sementes livres de doenças e o armazenamento correto. As sementes contaminadas por Alternaria, além do escurecimento, apresentam germinação menor (OPLINGER *et al*., 1991). O armazenamento correto é fundamental para manter qualidade fisiológica da semente e o vigor (AZEVEDO *et al*., 2003). Por isso as sementes devem ser armazenadas em ambientes limpos, livres de insetos e com condições favoráveis.

## 2.4 PROPRIEDADES DO GRÃO E USO INDUSTRIAL

A planta é uma oleaginosa, cujo óleo não é comestível, sendo este utilizado para a indústria química e produção de biodiesel (PITOL *et al*., 2010).

A semente do crambe possui alto teor de óleo e este óleo é composto por cerca de 55% de Ácido Erúcico e as principais utilizações do óleo de crambe são como lubrificantes, plastificantes, aditivos de borracha, novos tipos de nylon, base para tintas e revestimentos, produtos farmacêuticos, cosméticos, ceras e outros produtos (ENDRES & SCHATZ, 1993).

Além disso, a torta e o farelo de crambe pode ser usada na alimentação bovina como fonte de proteína. No Brasil, o intuito é, além desses citados, a produção de biodiesel (PITOL *et al*., 2010).

## 2.5 BIODIESEL

O Biodiesel, produzido a partir de óleos vegetais, vem se destacando por ser uma alternativa aos combustíveis derivados do petróleo. O objetivo é produzir um combustível fabricado a partir de fontes renováveis e que seja menos poluente. O Brasil já produz biocombustíveis como etanol (produzido a partir da cana-de-açúcar) e biodiesel. Ambos permitem estabelecer um ciclo fechado de carbono, no qual o $CO_2$ é absorvido pela planta e é liberado quando o combustível é queimado na combustão do motor.

No caso do etanol, este já é amplamente usado em grande escala há 30 anos e segundo dados do Projeto Agora (UNICA, 2011), em parceria com a Unica – União da Indústria de Cana-de-Açúcar, fornecedora de etanol, desde 2003, quando se lançaram carros FLEX, evitou-se a adição de mais de 100 milhões de toneladas de gás carbônico na atmosfera.

O biodiesel então surge como um novo meio para junto com o etanol diminuir as emissões desses gases e apresentar alternativas renováveis. Na produção do Biodiesel, o óleo extraído das plantas é misturado com álcool e depois estimulado por um catalisador, que provoca uma reação química. Após essa reação

o óleo é separado da glicerina e filtrado. O processo de transformação em biodiesel é denominado de Transesterificação (MACHADO *et al.*, 2008).

No Brasil o biodiesel é comercializado através de uma mistura com o diesel normal. Geralmente 5% de biodiesel e 95% de diesel (B5). A Denominação funciona da seguinte maneira: a letra B indica uma mistura entre o biodiesel e o diesel mineral, o número corresponde a porcentagem de biodiesel nessa mistura. Porém pode ser utilizado puro (B100) ou em concentrações maiores como B20 (MATTEI, 2010).

As matérias-primas mais utilizadas são: soja, amendoim, colza, girassol, mamona, dendê, babaçu, entre outras (NAE, 2005). O crambe apresenta um grande potencial para a produção de biodiesel, devido ao alto teor de óleo e de ácido erúcico e também por não concorrer com espécies alimentícias, já que seu óleo não é comestível.

## 2.6 CRITÉRIOS AGRONÔMICOS

A determinação da época de semeadura das culturas para cada região é um fator importante para que o desenvolvimento da planta seja satisfatório. As condições de solo e clima devem ser avaliadas e anteriormente a semeadura deve se planejar todas as etapas, desde a escolha da cultivar a comercialização da produção.

É necessário conhecer o ciclo e exigências da cultura, assim como as condições de clima da região, sendo assim, a escolha da época de semeadura é determinante para poder se prever as condições ideias para cada fase fenológica da cultura (AGUIAR *et al.*, 2008). Temperatura e disponibilidade hídrica são dois fatores limitantes para as culturas e ajudam a definir a melhor época de semeadura. Para o crambe, segundo Silveira (2012), a temperatura base, ou seja, aquela em que abaixo desse valor o desenvolvimento e crescimento da cultura são paralisados é de 4,5°C. Além disso, o crambe precisa de boa disponibilidade de água para a germinação e também na fase reprodutiva (JASPER, 2009).

O espaçamento e densidade são parâmetros determinantes para a produtividade da cultura. O rendimento é influenciado diretamente pela população de

plantas na área, afetando positivamente até um limite máximo que quando ultrapassado acarretará na diminuição da produtividade (PEREIRA FILHO & CRUZ, 2006). Essa densidade ótima vai depender da cultivar, da disponibilidade de nutrientes e água para as plantas. Segundo (ALMEIDA & SANGOI, 1996), a tolerância a competição entre plantas varia entre cultivares. O arranjo ideal de determinada cultura para cada condição de solo, clima é necessário para que as plantas sejam eficientes na absorção de água, nutrientes e captação da radiação solar (ABULQUERQUE *et al*., 2011). Esse arranjo de plantas pode ser controlado pela densidade de plantas, espaçamento entre linhas além da distribuição de plantas na linha (ARGENTA, 2001)

## 2.7 CONSUMO HÍDRICO

A evapotranspiração refere-se à água perdida pela evaporação do solo e pela transpiração das plantas (CARVALHO, 2009). A evapotranspiração de referência (ETo) é determinada por diferentes métodos com base na radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar. Segundo Corrêa (2004), a ETo ocorre em uma cultura hipotética com altura de 0,12 m e resistência ao vapor d´água de 69 s $m^{-1}$, ou seja, uma cultura para propósitos comparativos.

A Evapotranspiração da cultura (ETc) é a perda de água pela planta em qualquer fase fenológica, com ou sem restrição hídrica, ou seja, é a evapotranspiração real (LOPES, 2010). Para o manejo de irrigação das culturas é necessário que se conheça a ETc ou o coeficiente de cultura (Kc), que é um parâmetro com base na ETo e ETc (MEDEIROS *et al*., 2004). Para calcular o consumo hídrico de uma cultura (ETc) pode-se usar lisímetros ou evapotranspirômetros, que são recipientes impermeáveis, preenchidos com um volume de solo conhecido (CORRÊA, 2004).

O Kc de uma cultura varia de acordo com o desenvolvimento. Segundo Bueno (2012), a variação resulta em uma curva que acompanha o ciclo da cultura, da semeadura a colheita. Para a maioria das culturas os valores de Kc são menores na fase de emergência, máximos no desenvolvimento e diminuem na maturação.

## 2.8 SUDOESTE DO PARANÁ

O Sudoeste do Paraná, segundo o IBGE compreende três microrregiões: Capanema, Francisco Beltrão e Pato Branco. Envolve 42 municípios, com uma área de 1.163.842,8 ha ou 5,83 do território do estado do Paraná e população, em 2010, de 587.505 habitantes. Está localizada no Terceiro Planalto paranaense e é delimitada a oeste com a República da Argentina, ao sul com o estado de Santa Catarina e ao norte com o rio Iguaçu (IPARDES, 2004).

O clima segundo a classificação de Köppen é definido como: clima Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfa), nas zonas de menor altitude, com verões quentes, geadas pouco frequentes e chuvas com concentração nos meses de verão, sendo meses mais quentes a temperatura média superior a 22°C, e, nos meses mais frios, inferior a 18°C com chuvas entre 1.600 mm e 1.900 mm e umidade relativa do ar de 80%; em maiores altitudes o clima é caracterizado como: clima Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), com verões frescos e geadas severas, sem estação seca, com temperaturas inferiores a 22°C nos meses mais quentes, inferiores a 18°C nos meses mais frios, chuvas entre 1.600 e 1.900 mm e umidade relativa do ar de 85% (IPARDES, 2004).

A população e cultura têm fortes influencia da colonização, a maioria são descendentes de colonizadores italianos e alemães. Cerca de 90% dos estabelecimentos de agricultura na região são de agricultores familiares, com 58% da área total da região, devido a forte colonização (IPARDES, 2004).

A região se destaca pela produção de soja, milho, aves e leite, organizados numa estrutura fundiária com perfil essencialmente familiar. As culturas de soja e milho são alternadas no inverno com as culturas de trigo e aveia, sendo esta utilizada na alimentação animal.

A Secretaria da Agricultura Familiar (SAF) do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) adotou a instalação de “Polos de Produção de Biodiesel” como estratégia para contribuir com a organização da base produtiva de oleaginosas na agricultura familiar e promover a inclusão de agricultores familiares na cadeia de produção do biodiesel (MDA, 2006). Os Polos de Produção de Biodiesel localizam-se em quatro áreas de atuação, considerando os aspectos

culturais, econômicos, sociais e agronômicos, assim como a facilidade logística de coordenação e de monitoramento das ações e dos procedimentos operacionais necessários. No Paraná, a única região contemplada foi o Sudoeste (MDA, 2006). Ainda, a lei 11.097 que criou o PNPB estabelece uma redução de tributos federais sobre a produção de biodiesel, desde que as empresas produtoras incluam, em seus projetos, a agricultura familiar, obtendo, assim, o Selo Combustível Social. Sendo um estímulo para que as empresas façam parcerias com pequenos produtores (MDIC, 2006).

Assim a produção de oleaginosas para a produção de biodiesel se mostra uma alternativa interessante para o pequeno produtor. O crambe além de ter sementes com alto teor de óleo destinado ao biodiesel tem como resíduo dessa extração, a torta, quando a extração do óleo ocorre mecanicamente, ou farelo, quando esta ocorre através de solvente. Estes co-produtos podem ser utilizados em sistemas de produção de ruminantes, seja com objetivo de carne ou leite (PITOL *et al*., 2010). O Sudoeste do Paraná consiste de uma importante bacia leiteira para o estado e país, assim sendo, a torta ou farelo de crambe seriam boas alternativas para incremento na alimentação bovina, como fonte de proteína.

# 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados quatro experimentos nos anos de 2012 e 2013, buscando analisar os efeitos da época de semeadura, espaçamento, densidade, consumo hídrico da planta e análise fisiológica das sementes, produzidas nas condições edafoclimáticas de Dois Vizinhos.

## 3.1 ÁREA EXPERIMENTAL E MATERIAL VEGETAL

A área experimental está situada no Campus de Dois Vizinhos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/DV). A região corresponde ao terceiro planalto paranaense, com altitude de 520 m, entre as coordenadas 25º44' latitude Sul e 53º04' longitude Oeste, clima predominante do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Koppen. O solo pertence a Unidade de mapeamento Nitossolo vermelho distroférrico úmbrico, textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia, relevo ondulado (BHERING *et al.*, 2008).

A quantificação do consumo hídrico foi realizada em casa de vegetação da UTFPR/DV e os ensaios de qualidade de sementes foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes também na instituição.

As sementes utilizadas nos experimentos de época de semeadura, densidade e espaçamento e de consumo hídrico foram da variedade FMS Brilhante, lançada em 2008 pela Fundação MS, a qual forneceu o material vegetal. Para os ensaios de sementes, foi utilizada a mesma variedade, porém provenientes dos experimentos realizados na UTFPR/DV.

## 3.2 TRATOS CULTURAIS

As sementes utilizadas nos experimentos de época de semeadura e espaçamento e densidade foram tratadas anteriormente a semeadura, com uma solução de: 2 µL $g^{-1}$ de semente de inseticida (Fipronil), 0,5 µL $g^{-1}$ de semente de fungicida (Carboxina + Tiram) e 6 µL $g^{-1}$ de semente de água.

A semeadura dos experimentos a campo foi realizada tanto de maneira mecanizada como manual.

No ano de 2012, a semeadura do experimento de espaçamento e densidade, foi mecanizada com a semeadora para trigo Semisa 1, adaptada para o crambe com auxílio de trator. No ano seguinte o mesmo experimento foi repetido, porém a semeadura foi feita manualmente. Para os demais experimentos, a semeadura foi manual.

Antes da implantação dos experimentos de época de semeadura e densidade e espaçamento foi realizada a análise de solo do terreno (Apêndice A) e diante aos resultados, não foi feita adubação química. Assim como nos experimentos a campo, também foi feita análise no solo utilizado no experimento de consumo hídrico, cujos resultados estão no Apêndice B.

A área foi mantida livre de plantas daninhas, retiradas manualmente durante todo o período do trabalho. Quando necessário, foi realizado o controle de formigas e outras pragas com Fipronil na concentração de 2,5 ml $L^{-1}$. Também foi realizado tratamentos para controle de doenças com Tiofanato-Metílico na concentração de 0,7 g $L^{-1}$.

A colheita em todos os experimentos foi realizada manualmente quando todos os frutos estavam em maturação, ou seja, com coloração marrom claro.

As sementes para os ensaios de laboratório foram previamente submetidas a um tratamento de assepsia. Para isto as sementes foram mergulhadas por um minuto em solução de hipoclorito de sódio a 2,5% e em seguidas enxaguadas por dois minutos com água destilada.

## 3.3 TRATAMENTOS

### 3.3.1 Épocas de semeadura

Foram analisadas seis diferentes épocas de semeadura. O experimento foi realizado a campo, com parcelas de 12 m². A densidade de sementes foi de 120 sementes $m^{-2}$ e com espaçamento de 51 cm entre linhas. As épocas de semeadura foram: 28/03, 11/04, 26/04, 10/05, 24/05 e 08/06, todas no ano de 2013. O delineamento seguido foi blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 24 parcelas.

As variáveis analisadas foram: produtividade, número de rácemos na planta (NRP), número de frutos por rácemos (NFR), número de frutos total (NFT), altura da planta, área foliar e perdas de produção, conforme segue:

- Produtividade: foram colhidas a plantas de dois metros das duas linhas centrais de cada parcela, totalizando uma área de 2,04 m². A partir dessas plantas foram retirados os frutos, peneirados (para retirada de impurezas ou materiais impróprios) e em seguidas pesados em balança analítica. Dessa forma foi estimada produtividade em kg $ha^{-1}$.
- NRP, NFR e NFT: foram colhidas cinco plantas da região central de cada parcela e contado o número de rácemos e frutos na planta, no momento da colheita.
- Altura da planta (cm): foi medida utilizando fita métrica em cinco plantas utilizadas para determinação da produtividade.
- Área foliar: foram retiradas todas as folhas de uma planta por parcela, aos 80 dias após a semeadura (DAS) cuja área foram obtidas utilizando o medidor de área foliar LICOR modelo LI-3100.
- Perdas na produção: após a colheita das plantas, foi lançado na parcela um quadrado de metal totalizando 1 $m^{-2}$ e no interior deste foi contado o número de sementes no chão. A partir desta informação e conhecendo-se a massa de

mil sementes, previamente determinado, estimou-se as perdas em kg $ha^{-1}$ as quais foram expressas em percentagem da produção.

### 3.3.2 Espaçamento e densidade

O experimento de espaçamento e densidade foi conduzido durante os anos de 2012 e 2013, sendo os tratamentos constituídos de dois espaçamentos e cinco densidades de sementes. A unidade experimental foram parcelas de 12 m² e a semeadura em 2012 realizado em 03 de maio e em 2013 em 05, 06 e 09 de abril de 2013.

As densidades testadas foram 60, 80, 100, 120 e 140 sementes viáveis $m^{-2}$, nos espaçamentos de 17 e 51 cm, totalizando 10 tratamentos. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições e 40 parcelas.

No ano de 2012 foi analisada somente a produtividade das parcelas e no ano de 2013 as variáveis foram semelhantes ao experimento anterior, conforme segue: produtividade, NRP, NFR, NFT, altura da planta, área foliar e contagem de folhas. Os dados foram obtidos da seguinte maneira:

- Produtividade: foram colhidas plantas de 2,04 $m^2$ no interior de cada parcela, ou seja, a partir de duas ou seis linhas centrais das parcelas com 51 e 17 cm entre linhas, respectivamente, foram retiras plantas em dois metros lineares de cada linha, para quantificação da produtividade, expressa em kg $ha^{-1}$.
- NRP, NFR e NFT: foram colhidas cinco plantas da região central de cada parcela e contado o número de rácemos e frutos na planta, no momento da colheita.
- Altura da planta (cm): foi medida utilizando fita métrica em cinco plantas utilizadas para determinação da produtividade.
- Área foliar: foram retiradas todas as folhas de cinco plantas por parcela, aos 100 DAS cuja área foram obtidas utilizando o medidor de área foliar LICOR modelo LI-3100.

### 3.3.3 Consumo hídrico

Para a determinação da evapotranspiração da cultura (consumo hídrico) do crambe, foram utilizados 12 lisímetros com capacidade física de 18L preenchidos com uma camada de 5 cm de brita número 1 e o restante com solo, onde foi acoplada uma flange de 1/2” conectado a uma mangueira de PVC transparente de 3/8” e um coletor de dois litros, conectado a mangueira para a obtenção do volume drenado (Figura 1).

A semeadura foi realizada em 19 de abril de 2012 e 21 de junho de 2013, com seis sementes e 15 dias após a semeadura foi realizado o desbaste deixando uma planta para a as avaliações. A quantificação do consumo hídrico começou a ser realizada quando as plantas estavam com aproximadamente 5 cm de altura, com folhas verdadeiras e seguiu até a colheita.

Figura 1 - Lisímetros utilizados no experimento de consumo hídrico. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

As irrigações foram realizadas diariamente de acordo com o consumo hídrico das plantas, sem apresentar restrição hídrica a cultura. A quantificação da água drenada foi feita diariamente até a colheita das plantas.

A evapotranspiração de referência (ETo) foi calculada pelo método de PRIESTLEY-TAYLOR (1972):

$$ETo = \frac{1{,}26W(Rn - G)}{\lambda}$$

em que,

Rn - radiação líquida total diária, MJ $m^{-2}$ $d^{-1}$;

**λ -** constante psicrométrica (kPa/ºC);

W - fator de ponderação dependente da temperatura e do coeficiente psicrométrico, calculado pela equação:

$W = 0{,}407 + 0{,}0145T$ para 0°C < T < 16°C

$W = 0{,}483 + 0{,}01T$ para T > 16°C

em que,

T - temperatura média do ar do dia

G - fluxo total diário de calor no solo em MJ $m^{-2}$ $d^{-1}$ foi calculado pelo método proposto por WRIGHT & JENSEN (1972).

$$G = 0{,}38(T_d - T_{-3d})$$

em que,

$T_d$ = temperatura média do ar do dia;

$T_{-3d}$ = temperatura média do ar nos três dias anteriores

Com os valores de evapotranspiração da cultura (ETc) e os valores de evapotranspiração de referência (ETo) foi calculado o coeficiente de cultura (Kc), durante todo o ciclo do crambe, pela fórmula proposta por DOORENBOS & KASSAM (1979):

$$Kc = \frac{ETc}{ETo}$$

em que,

ETc - evapotranspiração da cultura, mm $dia^{-1}$;

ETo - evapotranspiração de referência, mm $dia^{-1}$.

Assumiu-se como início (I), o crescimento vegetativo, a partir do momento em que o consumo passou a ser quantificado. No ano de 2012 o início foi aos 13 DAS e aos 21 DAS em 2013. Porém por falha na estação meteorológica o Kc

referente ao ano de 2013 só pode ser contabilizado a partir dos 38 DAS. O início do florescimento (IF) foi definido quando 50% das plantas apresentavam flores, o início da frutificação (IFR) quando 50% das plantas apresentavam frutos e o início da senescência (IS) quando 50% dos frutos de 50% das plantas apresentavam coloração marrom claro. A colheita (CO) foi realizada quando 100% das plantas atingiram 100% dos grãos marrom claro.

### 3.3.4 Análises fisiológicas de sementes

Foram realizados ensaios fisiológicos com sementes provenientes do experimento de épocas de semeadura. As variáveis analisadas foram: massa de mil sementes, germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea e raiz das plântulas e matéria seca das plântulas. Os resultados foram obtidos da seguinte maneira:

- Massa de mil sementes: para cada parcela colhida do experimento de épocas de semeadura, foram separadas oito repetições de 100 sementes e pesadas em balança analítica, obtendo-se assim a massa de mil sementes, em gramas.
- Germinação: em uma caixa plástica transparente, conhecida como gerbox, foram colocados dois papéis Germitest® e umedecido com água destilada, três vezes o peso do papel (MAPA, 2009). Foram colocadas 50 sementes e as caixas fechadas e lacradas com fita mantidas em câmeras com temperatura de 25 ºC. As contagens de sementes germinadas foram feitas aos 4 e 7 dias. Para cada parcela do experimento de épocas foram realizadas quatro repetições, sendo os resultados expressos em percentagem.
- Índice de velocidade de germinação: realizado conjuntamente com o teste de germinação. Sem abrir as caixas, foram feitas contagem de sementes germinadas todos os dias, durante sete dias. O IVG foi calculado de acordo com a equação proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G1}{T1} + \frac{G2}{T2} + \cdots + \frac{Gi}{Ti}$$

em que,

IVG - índice de velocidade de germinação;

G1 até Gi - número de plântulas germinadas ocorrida a cada dia;

T1 até Ti - tempo (dias).

- Comprimento de plântulas: Foram colocadas 20 sementes de crambe em papel de germinação (Germitest®) umedecido com água (três vezes o peso do papel seco) e coberto com outro papel de germinação também umedecido. Os papéis foram enrolados e envolvidos por plástico filme, deixando a parte superior aberta para não impedir o crescimento das plântulas. Após sete dias os rolos foram abertos e com auxílio de papel milimetrado foi medido o comprimento de raiz e parte aérea da plântula, em cm.
- Matéria seca das plântulas: As plântulas resultantes do ensaio de comprimento de plântulas, após medidas foram colocadas em sacos de papel e mantidas em estufa a 60°C até massa constante, sendo pesadas com auxílio de balança analítica e expressas em miligramas.

## 3.4 IDENTIFICAÇÃO DE DOENÇAS

Durante a condução dos experimentos a campo foram detectadas sintomas de ataque de patógenos, os quais foram isolados e identificados em laboratório.

Material vegetal com sintomas de incidência de patógenos foram encaminhados para identificação no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos.

Os sintomas observados foram tombamento de plântulas (*damping off*), manchas foliares e dano no colo e raízes. No laboratório, tecidos sintomáticos das plantas de crambe passaram por uma assepsia, com imersão do material vegetal em solução etanol/água a 70% (v/v) por um minuto, e em seguida imersos em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 3% (v/v) por um minuto e posteriormente três lavagens em água destilada. Após o material foi acondicionado em câmara úmida,

ou seja, em caixa gerbox, com seu fundo coberto por papel filtro umedecido, com água destilada, e então, acondicionado em BOD, a 24°C, e fotoperíodo de 12 horas.

Diariamente, com auxílio de um microscópio estetoscópio óptico (lupa), observou-se o surgimento de estruturas reprodutivas dos patógenos. Após 5 dias, as estruturas estavam aparentes, então, foram retiradas com estiletes e colocadas em lâminas com corante azul algodão de lactofenol, cobertas com lamínulas e com auxílio de microscópio ótico realizou-se a identificação através das estruturas morfológicas (BARNETT & HUNTER, 1987), sendo que nas plântulas de crambe, com sintomas de tombamento identificou-se *Fusarium sp.* e *Rhizoctonia sp*. Já nos sintomas de manchas foliares observou-se estruturas de *Alternaria sp*. e no colo e raízes das plantas *Sclerotinia sp*.

Após as análises microscópicas, as amostras com as estruturas dos fungos, foram em câmara de fluxo laminar, submetidas ao processo de isolamento em meio de cultura Batata-Dextrose-Agar (BDA), e incubadas em câmara de crescimento a 24 ºC, por sete dias em um fotoperíodo de 12 horas. Sucessivas repicagens das placas iniciais foram necessárias para a eliminação de microrganismos contaminantes, obtendo-se assim placas puras dos patógenos que confirmaram os patógenos identificados inicialmente nos materiais vegetais com os sintomas das doenças.

## 3.5 DADOS METEOROLÓGICOS

A partir da estação meteorológica automática do INMET instalada no Câmpus Dois Vizinhos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizada nas coordenadas latitude -25.6948° e longitude -53.0946°, foram obtidos os dados de temperatura mínima, média e máxima, umidade relativa do ar, radiação e precipitação das médias diárias no período de março a agosto dos anos de 2012 e 2013. Os dados foram obtidos do site www.simepar.br.

## 3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos dos experimentos foram submetidos a análise de variância e os resultados que apresentarem significância a 5% pelo teste F, foram submetidos as análises complementares utilizando o programa Software Científico (SOC) (EMBRAPA, 1990). As análises complementares foram realizadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para os tratamentos época de semeadura e espaçamento. Para o tratamento densidade, quando significativo, foram realizadas as análises de regressão a 5% de probabilidade de erro.

# 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 4.1 EFEITO DA ÉPOCA DE SEMEADURA

Para verificar o efeito da época de semeadura sobre o desenvolvimento do crambe, um experimento conduzido durante o ano de 2013 foi instalado semeando a cultura de 15 em 15 dias a partir de 28 de março. Em todos os componentes de produção e crescimento analisados, houve efeito significativo da época de semeadura.

A produtividade ao final do experimento (Tabela 1) foi baixa, com média de 102,81 kg $ha^{-1}$, variando de 221,24 kg $ha^{-1}$ a 47,8 kg $ha^{-1}$, dependendo da data da semeadura. Segundo Pitol *et al.* (2010), a produtividade no Mato Grosso do Sul tem variado em torno de 1000 a 1500 kg $ha^{-1}$. Estes autores revisaram ainda que em determinadas épocas a produtividade pode cair para 700 a 800 kg $ha^{-1}$. Apesar dos valores baixos de produtividade, a tendência de queda da produção a medida que a época de semeadura se estendia está de acordo com dados da literatura. Viana (2013), em Cascavel/PR, obteve produtividades de 1892, 1350 e 530 kg $ha^{-1}$, nos meses de abril, junho e julho respectivamente.

Assim como para produtividade, o número de rácemos por planta (NRP), número de grãos por rácemos (NFR) e número de grãos total (NFT), foram menores com a extensão da época de semeadura (Tabela 1). Esses componentes de rendimento puderam neste experimento ser diretamente relacionados com os dados de produção. Viana (2013) em experimentos com semeaduras em diferentes épocas analisou a influência destas sobre matéria seca e número de plantas por metro e em ambos os casos, a semeadura no mês de abril apresentou melhor desemprenho em relação a junho e julho.

Seguindo o mesmo comportamento já observado nos demais caracteres, a altura no momento da colheita e área foliar avaliada aos 80 DAS (Tabela 2), diminuíram com o avanço da época de semeadura.

O comportamento já esperado dos componentes de crescimento e produção, ou seja, de queda em função do avanço na época de semeadura, está associado a diminuição de fatores preponderantes para o desenvolvimento da

cultura de crambe, como luz e temperatura. A cultura do crambe exige em média 6,91 ºC dia e temperatura basal de 9,5 ºC (PILAU *et al.*, 2011), ou seja, são necessidades térmicas altas para um período de diminuição das temperaturas.

Tabela 1. Efeito da época de semeadura sobre a produtividade, número de rácemos por planta (NRP), número de frutos por rácemo e número de frutos total na colheita de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

| **Época de semeadura** | **Produtividade ($kg.ha^{-1}$)** | **NRP** | **NFR** | **NFT** |
|---|---|---|---|---|
| 28/03 | 221,24 a | 48,80 a | 14,18 a | 663,73 a |
| 11/04 | 78,18 b | 51,70 a | 8,64 ab | 345,92 bc |
| 26/04 | 58,61 b | 31,40 ab | 13,01 a | 309,60 bc |
| 10/05 | 54,73 b | 42,03 ab | 10,73 ab | 503,64 ab |
| 24/05 | 47,80 b | 22,10 b | 5,06 b | 161,49 c |
| 08/06 | 77,23 b | 26,00 b | 12,20 ab | 321,18 bc |
| **Média** | **102,81** | **38,90** | **10,68** | **380,62** |
| *CV (%)* | *21,93* | *16,33* | *30,78* | *23,62* |

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Ao final do experimento foi possível ainda contabilizar as perdas por deiscência dos grãos. Estas perdas variaram de 2,97 a 13,28% (Tabela 2). Estes valores indicam que é necessário o agricultor preocupar-se com a escolha do momento correto para a colheita, pois se houver atrasos, as perdas poderão ser consideráveis. No experimento, foi verificado um aumento das perdas em função da época de semeadura, o que pode estar associado com a grande incidência de doenças fúngicas que ocorreram em 2013, como será descrito no item 4.3, que além de diminuir a produtividade pode aumentar a debulha dos grãos (PITOL *et al*., 2010).

Tabela 2. Efeito da época de semeadura sobre a área foliar, altura e perdas na colheita de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

| **Época de semeadura** | **Área foliar ($cm^2$)** | **Altura (cm)** | **Perdas (%)** |
|---|---|---|---|
| 28/03 | 137,17 a | 82,96 a | 2,97 c |
| 11/04 | 128,13 a | 78,90 a | 4,04 c |
| 26/04 | 129,13 a | 80,90 a | 10,86 ab |
| 10/05 | 100,24 a | 65,33 b | 6,93 bc |
| 24/05 | 42,81 b | 44,53 c | 5,32 c |
| 08/06 | 19,79 b | 58,0 b | 13,28 a |
| **Média** | **87,08** | **70,63** | **6,23** |
| *CV (%)* | *21,62* | *5,25* | *28,06* |

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## 4.2 EFEITO DA DENSIDADE E DO ESPAÇAMENTO

Não houve efeito de interação entres os fatores analisados sobre a produtividade do crambe (Figura 2A a D). A produtividade média em 2012, foi em torno de 1156,07 kg $ha^{-1}$. Este nível de produtividade tem sido encontrado em outros trabalhos, onde os valores observados variaram de 1000 a 1500 kg $ha^{-1}$ (PITOL *et al.*, 2010; JASPER, 2013). Já no ano de 2013, a produtividade foi muito abaixo da esperada para a cultura, de aproximadamente 194,25 kg $ha^{-1}$. No entanto, não é raro encontrar na literatura valores como estes, como por exemplo os obtidos por Freitas *et al.* (2010) em Goiás, onde as produções variaram de 138 a 277 kg $ha^{-1}$ dependendo do tratamento. A baixa produtividade do ano de 2013 pode ser justificada pelas condições atípicas do ano em questão, em que as plantas passaram por um período de excesso de chuvas favorecendo doenças fúngicas e fortes geadas, como será discutido no item 4.3.

Em ambos os anos agrícolas, o espaçamento entre linhas não afetou estatisticamente a produtividade (Figura 2B e D). Os resultados encontrados são diferentes dos encontrados por Freitas (2010) e Bottega *et al.* (2010), onde observaram diferença significativas entre os espaçamentos analisados, sendo que em ambos os casos obtiveram melhores produtividades com espaçamento de 17

cm, quando comparado a 34 e 51 cm. Bottega *et al.* (2010), justificam essa maior produtividade devido ao maior número de plantas quando se diminui o espaçamento, já que os autores trabalharam fixando o número de plantas por metro linear. Já Pitol *et al.* (2010) não observaram diferenças entre os espaçamentos de 21 e 45 cm em experimento conduzido em 2008, porém em 2009, o espaçamento de 45 cm foi superior. Os autores justificaram essa diferença a menor incidência de doenças quando o espaçamento é maior, devido a melhores condições de microclima entre linhas.

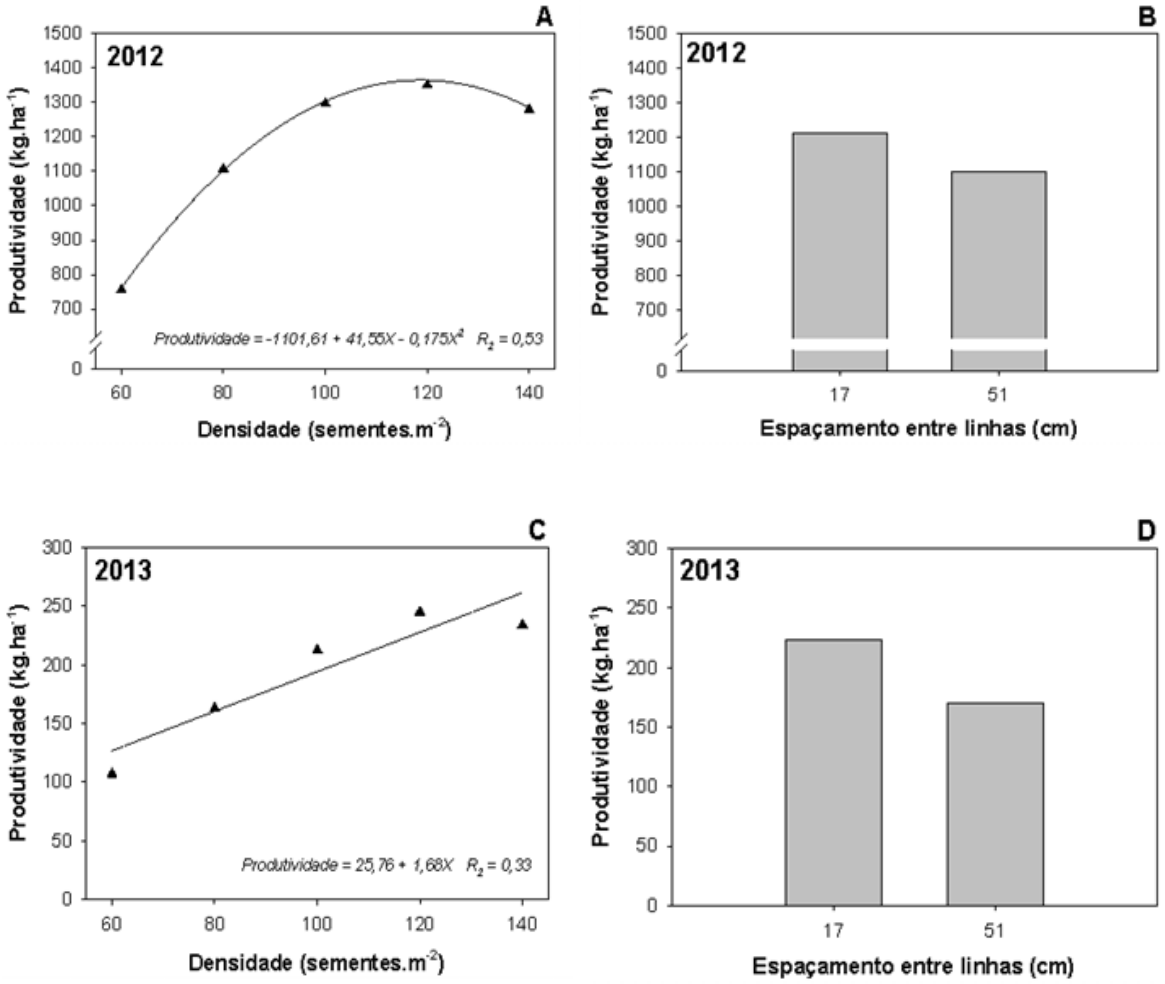



Figura 2 - Efeito da densidade (A e C) e do espaçamento (B e D) sobre a produtividade (kg $ha^{-1}$) de crambe nos anos agrícolas de 2012 (A e B) e 2013 (C e D). UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

Ao contrário do espaçamento entre linhas, houve efeito estatisticamente significativo da densidade de sementes sobre a produtividade. A tendência observada foi com o aumento da densidade de sementes houve também um aumento na produtividade, sendo que, as densidades de semeadura de 100 a 120 sementes $m^{-2}$ tenderam a proporcionar melhores resultados no ano de 2012, sendo a máxima eficiência técnica com 118,71 sementes $m^{-2}$. Já em 2013 apresentou comportamento linear. Esses resultados diferem de Freitas (2010), Pitol *et al*. (2010) e Maekawa Junior *et al.* (2010), que não obtiveram significância para diferentes densidades de semeadura. Viana (2013), em experimentos realizados em cascavel, obteve maiores produtividades com a menor densidade (8kg $ha^{-1}$, aproximadamente 80 plantas $m^{-2}$), o qual associou a maior capacidade de engalhamento da planta.

Com relação aos outros parâmetros de produção avaliados, como número de rácemos por planta, número de frutos por rácemo e número de frutos totais, não foi possível verificar efeito estatisticamente significativo dos fatores avaliados (dados não mostrados). Esperava-se que estes componentes ajudassem a explicar a produção observada, como foi no caso do experimento de épocas de semeadura (Tabela 1). No entanto, este resultado pode estar associado ao fato de que estes parâmetros foram avaliados somente no ano agrícola de 2013, quando a produção foi abaixo da esperada devido aos fatores climáticos observados naquele ano, conforme será discutido no item 4.3. Neste caso, a produtividade baixa em 2013, apesar de ter sofrido influência da densidade de sementes, apresentou um comportamento desconexo destes outros parâmetros de produção.

O comportamento destas características também foram estudados em outras oportunidades e também não responderam ao efeito do espaçamento entre linhas (FREITAS, 2010; BOTTEGA *et al*, 2010). Porém, para número de galhos ou rácemos, Freitas (2010) observou que estes diminuíam quando a densidade aumentava, devido à plasticidade da cultura.

Tabela 3. Efeito da densidade e espaçamento entre linhas sobre a altura da planta no momento da colheita de crambe no ano agrícola de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

| **Densidade (sementes $m^{-2}$)** | **17 cm** | **51 cm** | **Média** |
|---|---|---|---|
| **60** | 99,43 | 80,60 | 91,36 |
| **80** | 82,13 | 90,33 | 86,23 |
| **100** | 87,00 | 79,67 | 83,86 |
| **120** | 88,95 | 91,67 | 90,11 |
| **140** | 84,85 | 75,75 | 81,82 |
| **Média** | **88,81** | **84,16** | **86,84** |
| *CV (%)* | | *12,08* | |

Os fatores espaçamento e densidade não influenciaram a altura das plantas no momento da colheita (Tabela 3). Este parâmetro foi analisado somente em 2013 e a média do experimento foi de 86,84 cm. Estes resultados vão de acordo com os observados em outros trabalhos, sendo que as médias observadas nestes estudos foram de 108 cm (FREITAS, 2010), 83,7 cm (BOTTEGA *et al*, 2010) e 91cm (MAEKAWA JUNIOR *et al.*, 2010), respectivamente. Porém Viana (2013) observou efeito negativo do aumento da densidade sobre a altura das plantas.

Outro parâmetro de crescimento analisado foi a área foliar total da planta, medida aos 100 DAS, o qual foi avaliado somente em 2013. Os resultados obtidos mostraram que houve interação significativa entre os fatores espaçamento e densidade. Assim, a área foliar sofreu efeitos estatisticamente significativos da densidade apenas quando o espaçamento entre linhas foi de 17 cm (Figura 3A). A tendência observada foi de queda na área foliar a medida que se aumentou a densidade de sementes, o que é absolutamente esperado em função da competição entre plantas ser maior nestas condições.

Já o comportamento deste parâmetro quando se analisou os diferentes espaçamentos em cada densidade de semeadura (Figura 3B) foi observado em densidades maiores, de 120 a 140 sementes $m^{-2}$, uma maior área foliar no espaçamento de 51 cm do que 17 cm. Este resultado pode estar associado a competição entre linhas quando o espaçamento foi reduzido, apesar da concentração de plantas na linha ser maior. Estranhamente a área foliar no

tratamento com 80 sementes $m^{-2}$ e espaçamento de 51 cm foi bem menor do que no tratamento com 17 cm (Figura 3B).

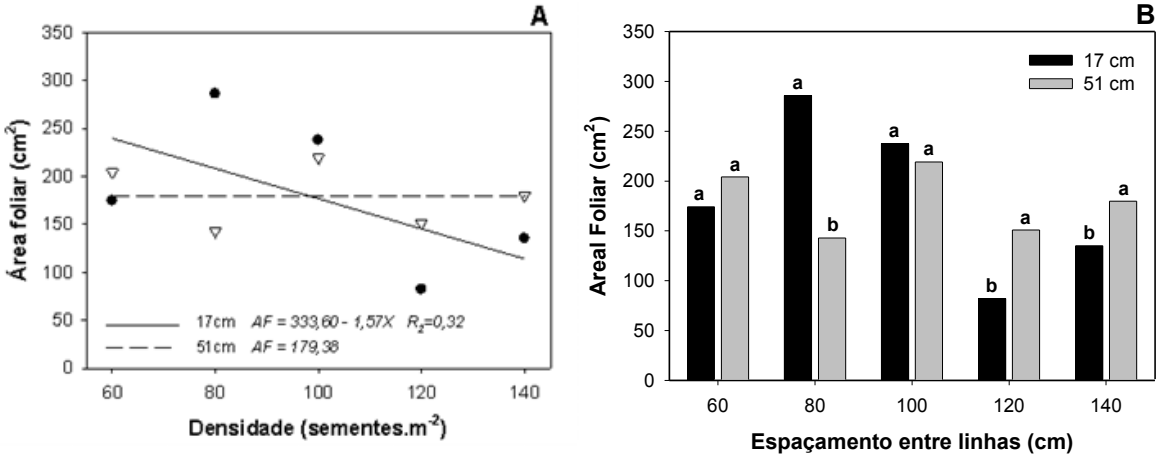



Figura 3 - Efeito da densidade (A) e do espaçamento entre linhas (B) sobre a área foliar de crambe aos 100 DAS no ano agrícola de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

## 4.3 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E OCORRÊNCIA DE DOENÇAS

Durante a condução dos experimentos nos dois anos agrícolas, foram observadas diferenças meteorológicas que afetaram os resultados de forma significativa. O ano de 2013 foi considerado um ano atípico na região sudoeste do Paraná, caracterizado por intensa precipitação no outono e frio rigoroso no inverno, com fortes geadas e ocorrência de neve na região.

Comparando-se os dados nos dois anos (Figura 4A e B), obtidos através das médias das horas durante o dia, pode-se notar que o frio prolongou-se, mantendo temperaturas baixas em agosto, enquanto nas mesmas época em 2012 as temperaras eram maiores. Embora as médias do mês de julho não pareçam tão baixas, houve geadas e ondas de frio intensas, em que prejudicaram as plantas no campo. Principalmente no experimento de épocas de semeadura, em que havia no campo plantas na fase de estabelecimento e florescimento, que são fases críticas, prejudicando assim toda a produção. Observando os dados médios das quinzenas

(Figura 5A), percebe-se que as temperaturas na segunda quinzena de julho foram bem inferiores que o ano anterior. As piores geadas aconteceram nos dias 22 e 23 de julho de 2013. Essas ondas de frio causaram sérios danos nas plantas (Figura 6).

Outra diferença observada foi na umidade relativa do ar e precipitação. A alta umidade e precipitação que predominaram nos meses de maio a julho de 2013 favoreceram o aparecimento de doenças fúngicas. A precipitação na segunda quinzena de junho a primeira de julho, foi muito superior à do ano de 2012. Esses fatores afetaram diretamente a produtividade do crambe, a média de produção de 2012 foi de 1150 kg $ha^{-1}$, enquanto do ano de 2013 de 194 kg $ha^{-1}$, nos experimentos de espaçamento e densidade. Para o experimento de épocas de semeadura a produtividade média foi se 100 kg $ha^{-1}$, pois o efeito para as plantas que se encontravam nas fases inciais do ciclo e florescimento foram seriamente prejudicadas.

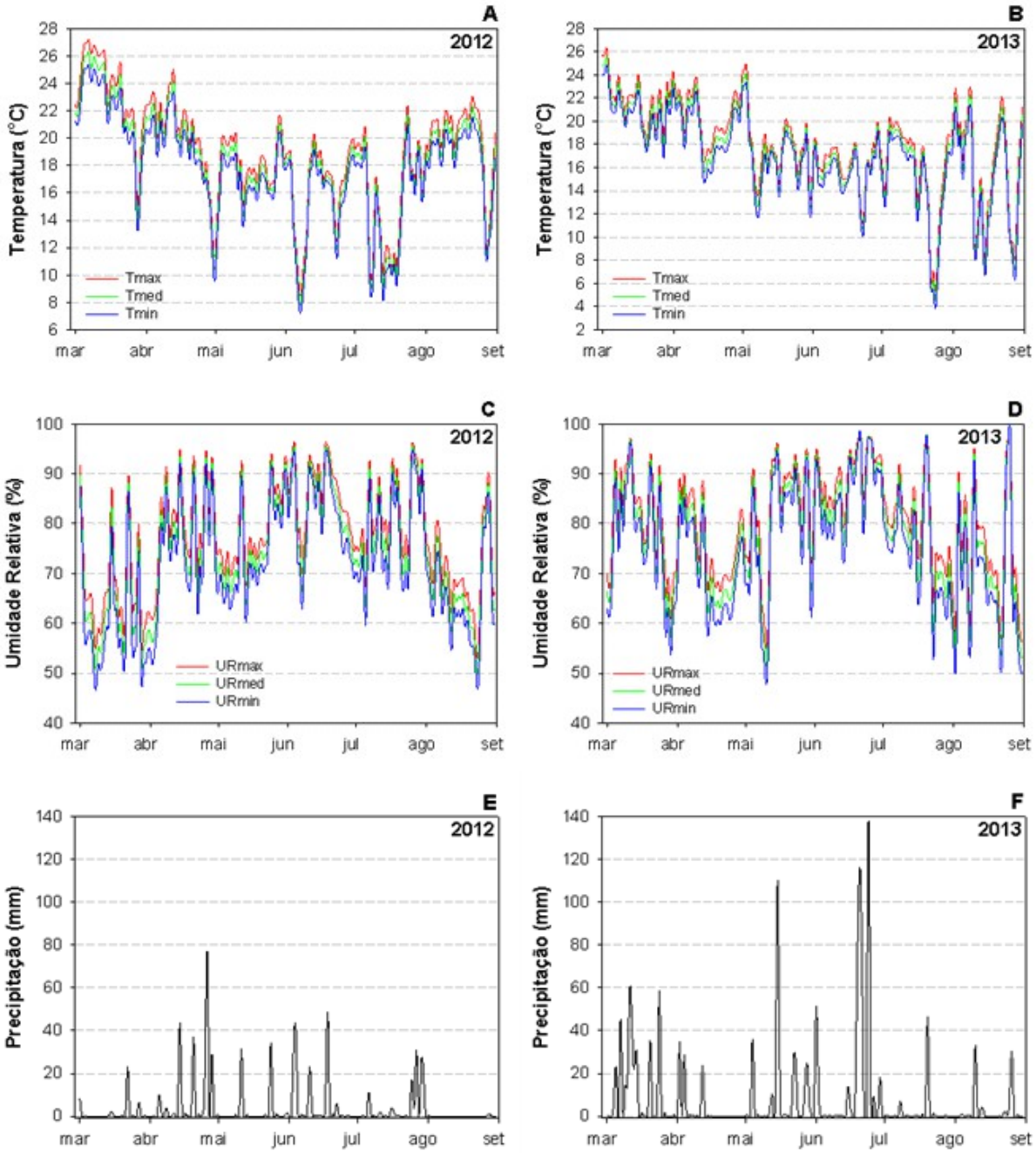



Figura 4 - Dados metereológicos de temperatura (A e B), umidade relativa do ar (C e D) e precipitação (E e F) registrados em Dois Vizinhos em 2012 (A, C e E) e 2013 (B, D e F) entre os meses de março e agosto. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

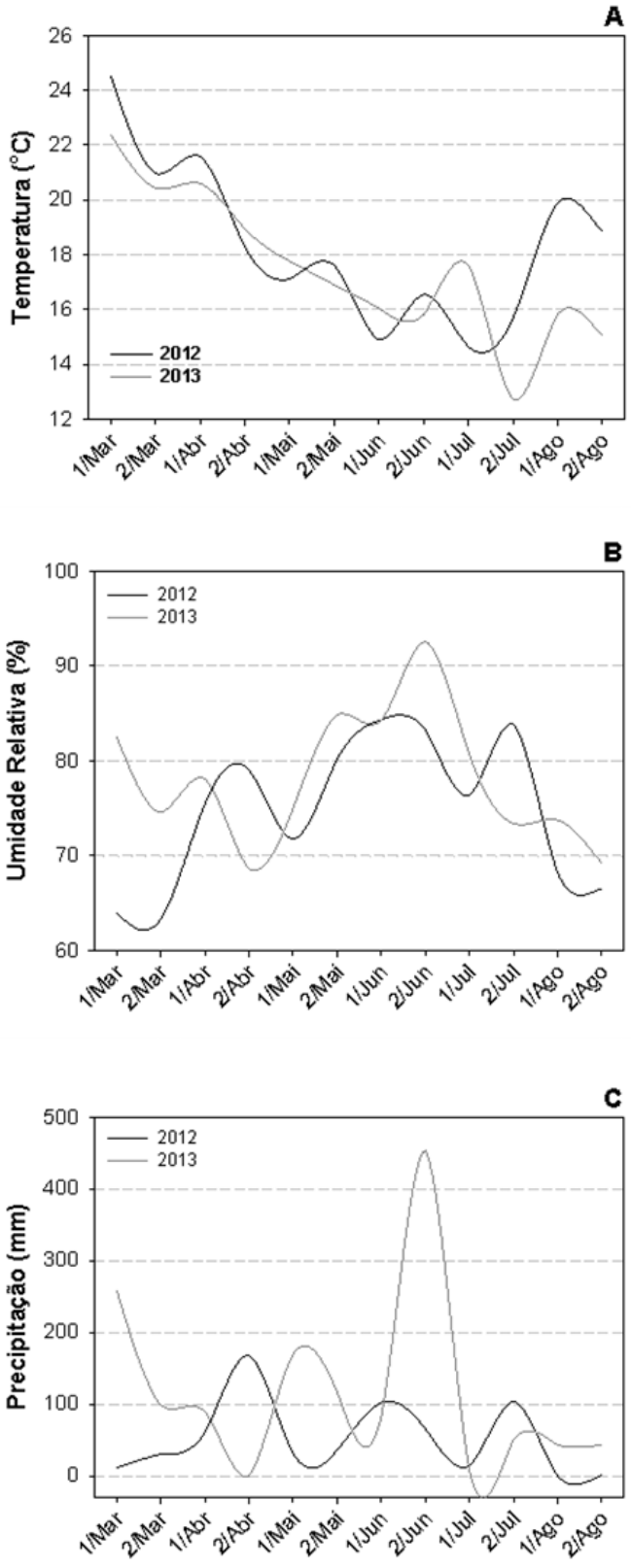

A
Temperatura (°C)
26
24
22
20
18
16
14
12
2012
2013
1/Mar
2/Mar
1/Abr
2/Abr
1/Mai
2/Mai
1/Jun
2/Jun
1/Jul
2/Jul
1/Ago
2/Ago
B
Umidade Relativa (%)
100
90
80
70
60
2012
2013
C
Precipitação (mm)
500
400
300
200
100
0
2012
2013

Figura 5 - Dados meteorológicos médios de temperatura (A), umidade relativa do ar (B) e precipitação (C) quinzenais entre os meses de março e agosto de 2012 e 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

Figura 6 - Danos registrados após a ocorrência de geadas no ano agrícola de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

Em função destas condições climáticas favoráveis a doenças fúngicas, foram registrados diversos sintomas nas plantas em 2013. As análises laboratoriais permitiram identificar os fungos *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Alternaria sp.* e *Sclerotinia* sp. Os sintomas de *Alternaria sp.* podem ser observados na Figura 7 e caracterizam-se por manchas foliares e escurecimento das sementes. Além destes sintomas, foram observadas escurecimento do colo e haste das plantas (dados não mostrados).

Figura 7 - Sintomas de Alternaria Sp. em folha e sementes de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

Foi realizada uma quantificação de plantas doentes no experimento que avaliou espaçamento e densidade, onde todas as plantas doentes da parcela foram contabilizadas. Os resultados mostraram que o espaçamento não interferiu na incidência da doença, porém a densidade apresentou efeitos estatisticamente significativos (Figura 8).

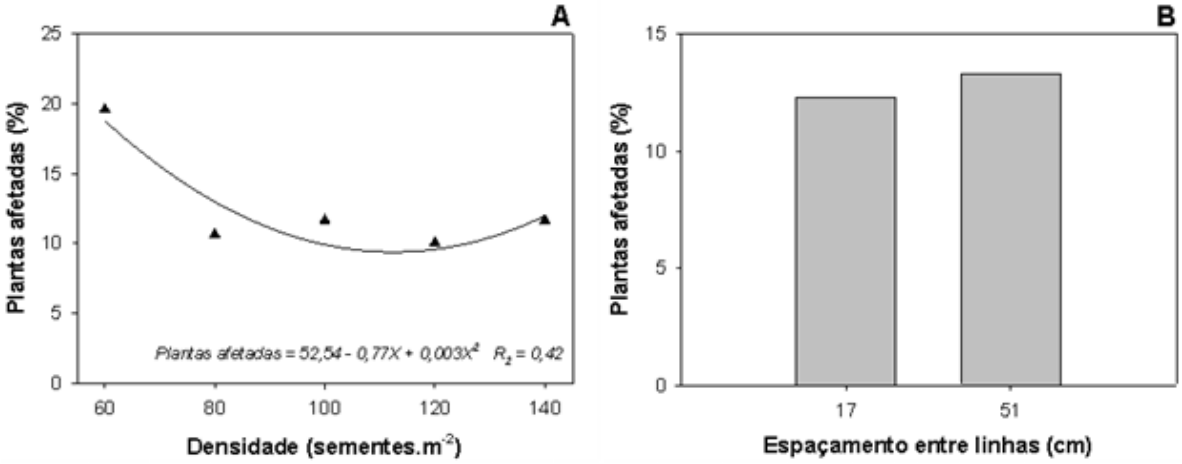



Figura 8 - Efeito da densidade (A) e do espaçamento entre linhas (B) sobre a incidência de plantas afetadas no crambe no ano agrícola de 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

## 4.4 FISIOLOGIA DA SEMENTE

Para avaliar a qualidade das sementes de crambe produzidas nas condições edafoclimáticas de Dois Vizinhos, as sementes colhidas do experimento de épocas de semeadura de 2013 foram avaliadas  parâmetros fisiológicos.

A época de semeadura apresentou efeito significativo sobre a massa de mil sementes, taxa de germinação e IVG (Tabela 4). Foi observado grande variação nos valores destes parâmetros em decorrência da épocas de semeadura.

Os valores de massa de mil grãos variaram de 2,62 g a 6,86 g. O valor máximo encontrado neste experimento é semelhante aos valores encontrados por Cruz (2013) e Santos & Rossetto (2013), que verificaram massa de mil grãos entre 6,0 a 7,9 g. Já a massa médio encontrado neste experimento foi baixo, principalmente em decorrência do desempenho ruim que o crambe apresentou quando a época de colheita se estendeu. A melhor massa foi encontrado nas sementes provenientes de plantas com semeadura na segunda quinzena de março, ou seja, a primeira época de semeadura.

Já os índices de germinação variaram de 25,5 a 77% sendo a média de 37,83%, também baixa quando comparada com valores da literatura, que atingiram 71% em média (PILAU *et al*., 2012). A melhor taxa de germinação foi nas sementes das plantas com semeadura na primeira semana de junho seguida por sementes das plantas da primeira época de semeadura.

O IVG variou de 15,64 a 1,88. Pilau *et al*. (2012), em experimento realizado em condições semelhantes, obtiveram IVG de 4,41. Este valor é semelhante aos obtidos em alguns tratamentos do presente estudo (Tabela 4), porém abaixo do desempenho das sementes colhidas das plantas semeadas na primeira e sexta época de semeadura. Segundo Oliveira *et al.* (2009) lotes de sementes com maior velocidade de germinação tem maior vigor.

Tabela 4. Efeito da época de semeadura sobre a massa de mil sementes, germinação e o índice de velocidade de germinação de sementes de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

| **Época de semeadura** | **Massa de mil sementes (g)** | **Germinação (%)** | **IVG[1]** |
|---|---|---|---|
| 28/03 | 6,86 a | 62,5 b | 15,64 a |
| 11/04 | 4,74 b | 15,5 e | 1,88 e |
| 26/04 | 2,62 d | 21,83 de | 3,49 d |
| 10/05 | 4,16 bc | 30,25 d | 4,47 cd |
| 24/05 | 3,54 cd | 47,5 c | 5,28 c |
| 08/06 | 4,32 bc | 77,0 a | 9,17 b |
| **Média** | **4,23** | **37,83** | **6,18** |
| *CV (%)* | *7,83* | *8,78* | *5,75* |

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De modo geral, para os componentes, massa de mil sementes, germinação e IVG, observou-se um desempenho superior destes parâmetros nas sementes obtidas das plantas da primeira época de semeadura (28/03) e da última (08/06). A possível explicação para este comportamento foi a sanidade das sementes. Observou-se que apesar das sementes terem sido desinfetadas para os experimentos de germinação, foi detectado o aparecimento de contaminação nos ensaios com as sementes oriundas das plantas semeadas entre abril e maio. Este resultado está correlacionado a observação em campo de plantas doentes, principalmente nestas épocas, conforme mostrado no item 4.3. As plantas apresentaram sintomas de ataque do fungo *Alternaria sp*., cuja doença, entre outros sintomas, causa escurecimento na semente e afeta negativamente a qualidade, diminuindo a germinação (OPLINGER *et al.*,1991). De fato, em nossas avaliações, as sementes obtidas em 2013 apresentaram-se mais escuras do que as sementes comerciais da variedade FMS Brilhante (Figura 7).

Também foram avaliadas parâmetros de crescimento das plântulas obtidas no experimento de germinação. Foram encontrados efeitos estatisticamente significativos dos tratamentos sobre a matéria seca das plântulas e o comprimento da raiz, o que não foi observado no comprimento da parte aérea (Tabela 5). Do mesmo modo que nos parâmetros fisiológicos anteriormente discutidos, o efeito do

avanço na data de semeadura prejudicou o desenvolvimento das plântulas. Houve uma tendência de queda acentuada no comportamento destas variáveis, o que pode estar relacionado com as condições climáticas que favoreceram a incidência de doenças ao longo do experimento de campo como já mencionado, prejudicando o vigor. A qualidade da semente é importante para o desenvolvimento da cultura, pois a diminuição da qualidade tem efeito negativo sobre a germinação e vigor das plântulas, além do aumento de plântulas anormais (TOLEDO *et al*., 2009).

Tabela 5. Efeito da época de semeadura sobre a matéria seca, comprimento de parte aérea e comprimento da raiz de plântulas de crambe. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

| **Época de semeadura** | **Plântulas** | | |
|---|---|---|---|
| | **Matéria seca (mg)** | **Comprimento da parte aérea (cm)** | **Comprimento da raíz (cm)** |
| 28/03 | 3,20 a | 2,59$^{ns}$ | 9,49 a |
| 11/04 | 2,58 ab | 3,48 | 6,67 c |
| 26/04 | 1,67 bc | 3,83 | 4,59 d |
| 10/05 | 1,84 bc | 2,71 | 3,95 d |
| 24/05 | 1,16 c | 2,27 | 4,47 d |
| 08/06 | 0,79 c | 3,51 | 7,95 b |
| **Média** | **1,95** | **3,08** | **5,91** |
| *CV (%)* | *20,26* | *24,0* | *5,78* |

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. $^{ns}$Não-significativo.

Ainda, para registrar a diferença entre sementes comerciais e as sementes obtidas em Dois Vizinhos, foram conduzidos ensaios avaliando-se estas mesmas variáveis com sementes da variedade FMS brilhante. Apesar de não ter sido avaliado estatisticamente, os valores encontrados com as sementes comerciais em todos os parâmetros analisados foram no mínimo iguais aos obtidos com os melhores tratamentos analisados neste experimento (dados não mostrados). Assim, verifica-se que a sanidade das sementes utilizadas influenciou negativamente sobre as médias obtidas neste estudo.

## 4.5 CONSUMO HÍDRICO

Os ciclos dos anos de 2012 e 2013 para a cultura do crambe em ambiente protegido estão representados na Figura 10. O florescimento do crambe iniciou-se aos 60 DAS, a frutificação aos 70 DAS e a senescência aos 106 DAS. Esses dados estão de acordo com Pitol *et al.* (2010), em experimento realizado no Mato Grosso do sul, observaram que o florescimento ocorreu a partir dos 35 até aos 70 DAS, granação aos 50 até 80 DAS e maturação aos 80 até 90 dias, com uma duração do ciclo de desenvolvimento de 90 DAS. Pilau *et al.* (2011) em experimento realizado no município de Frederico Westphalen, que avaliaram a temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura, observaram que o ciclo de desenvolvimento variou de 74 a 136 dias da emergência a maturação, com uma média de 52 dias da emergência ao florescimento. Ciclos maiores são esperados nas regiões de cultivo mais ao sul do Brasil.

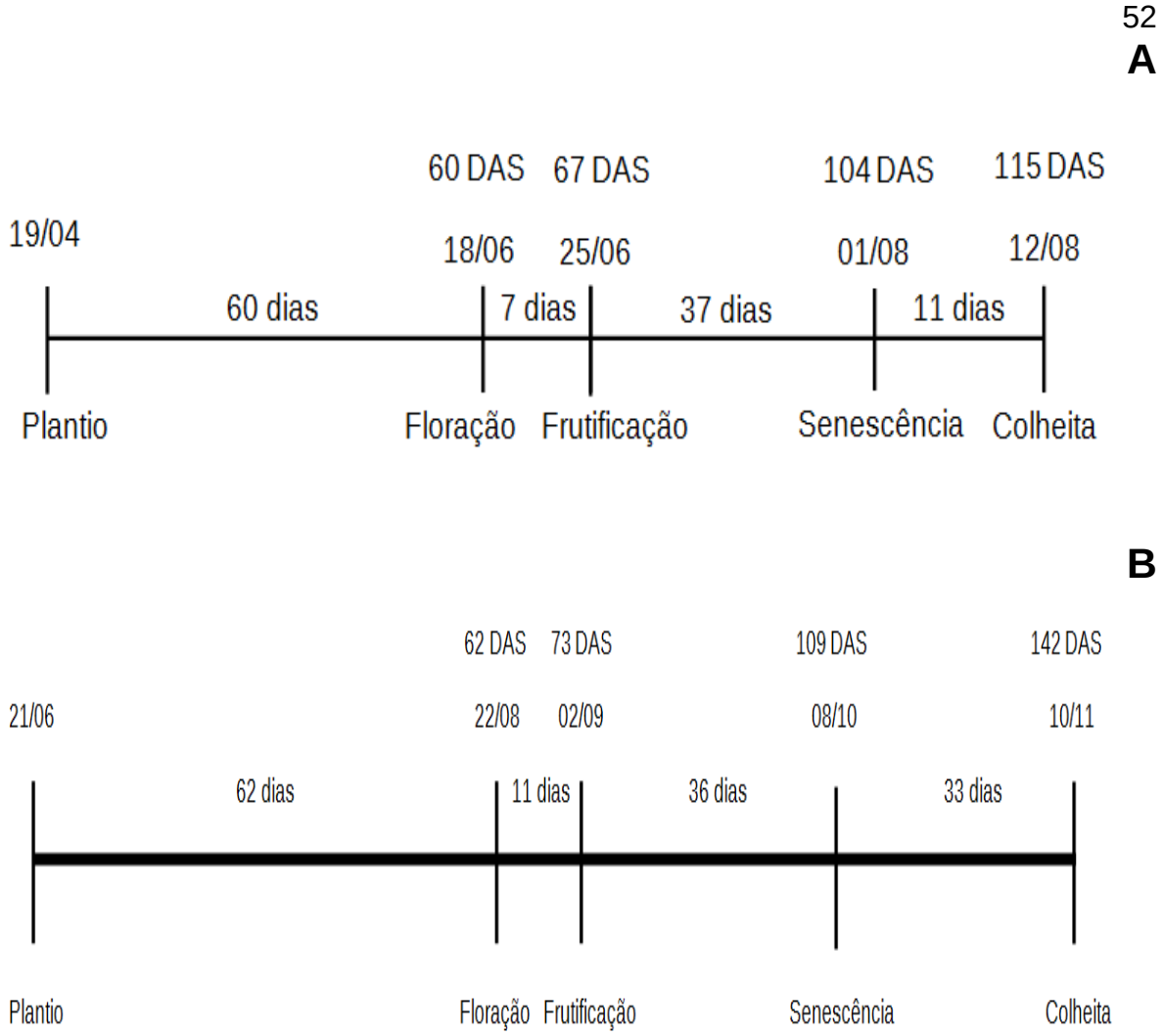



Figura 9 - Ciclo de desenvolvimento da cultura do crambe para os anos de 2012 (A) e 2013 (B). UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

A evapotranspiração de referência foi obtida a partir dos dados da estação meteorológica, a evapotranspiração da cultura foi obtida através dos lisímetros de drenagem e o Coeficiente da cultura do ano de 2012 estão apresentados na Figura 11A e do ano de 2013 na Figura 11B. Observa-se que os valores de ETo variaram de 0,68 a 8,96 mm dia$^{-1}$, sendo a ETo média durante o ciclo de 4,49 mm dia$^{-1}$ no ano de 2012 e em 2013 a ETo média de 6,98 mm dia$^{-1}$. Essa diferença pode ser resultante das condições climáticas diferentes para os dois anos, já que a ETo leva em consideração valores como radiação solar, temperatura e umidade relativa, obtidos da estação meteorológica.

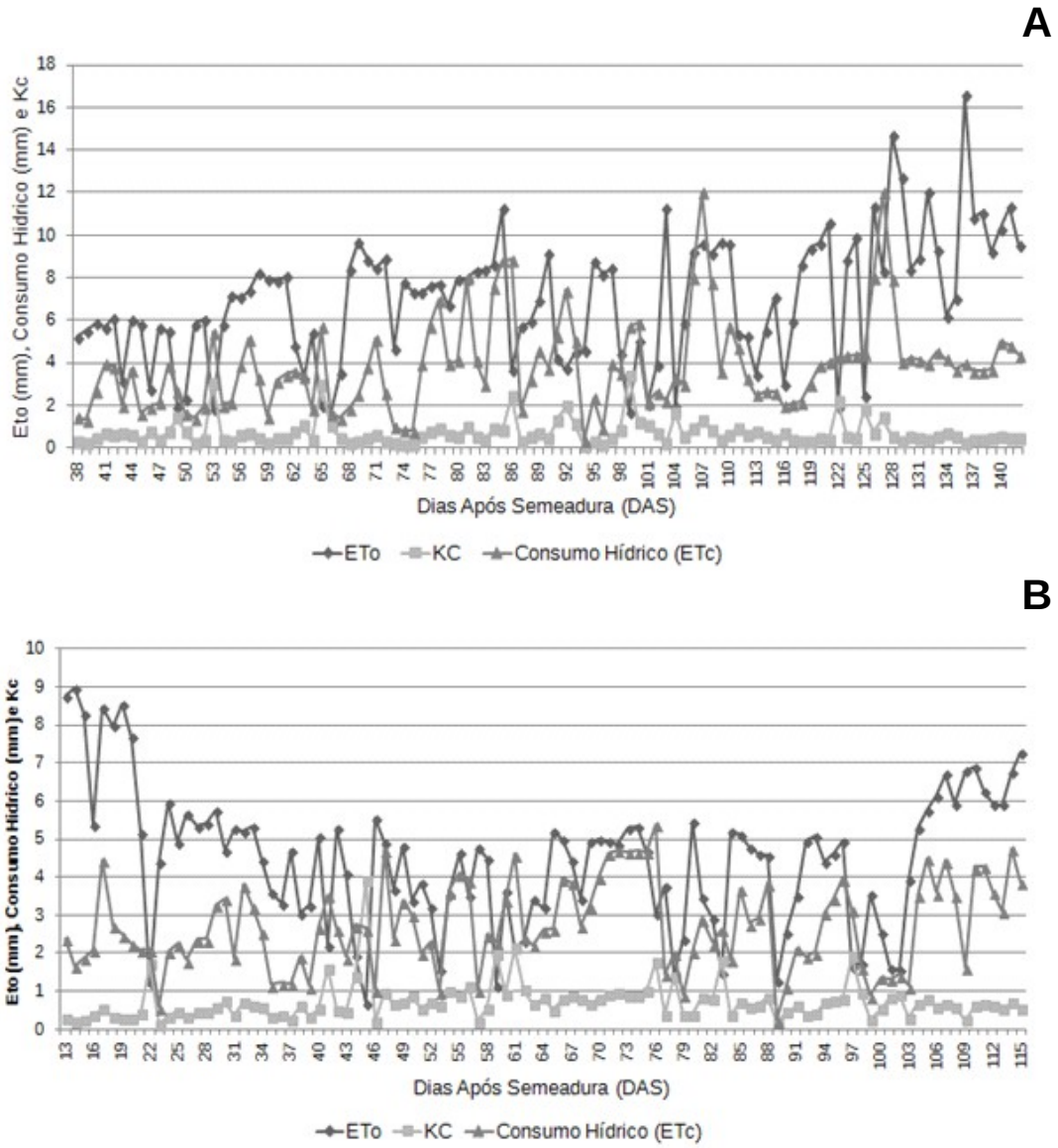



Figura 10 - Valores da evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura e coeficiente de cultura nos anos de 2012 (A) e 2013 (B). UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

No ano de 2012 a ETc média durante do ciclo da cultura foi de 2,74 mm dia$^{-1}$ , variando de 0,25 a 5,39 mm dia$^{-1}$. No entanto, no ano seguinte, a ETc teve variação de 0,36 a 12,91 mm dia$^{-1}$, com média de 3,89 mm dia$^{-1}$. Em ambos os anos a ETc aumentou durante o ciclo. Mesmo no período em que as plantas iniciaram a senescência. Pode-se associar este fato com o aumento de temperatura e diminuição da umidade relativa do ar (Figura 12). Segundo Medeiros (2002) a evapotranspiração é altamente influenciada por vários elementos, como: variações na umidade relativa, velocidade do vento e temperatura, estádio fenológico, área

foliar, duração do ciclo, morfologia da planta, condições de solo e cultivo. Neste caso as temperaturas maiores e Umidade Relativa menor aumentam o consumo de água pela planta em função da maior demanda atmosférica.

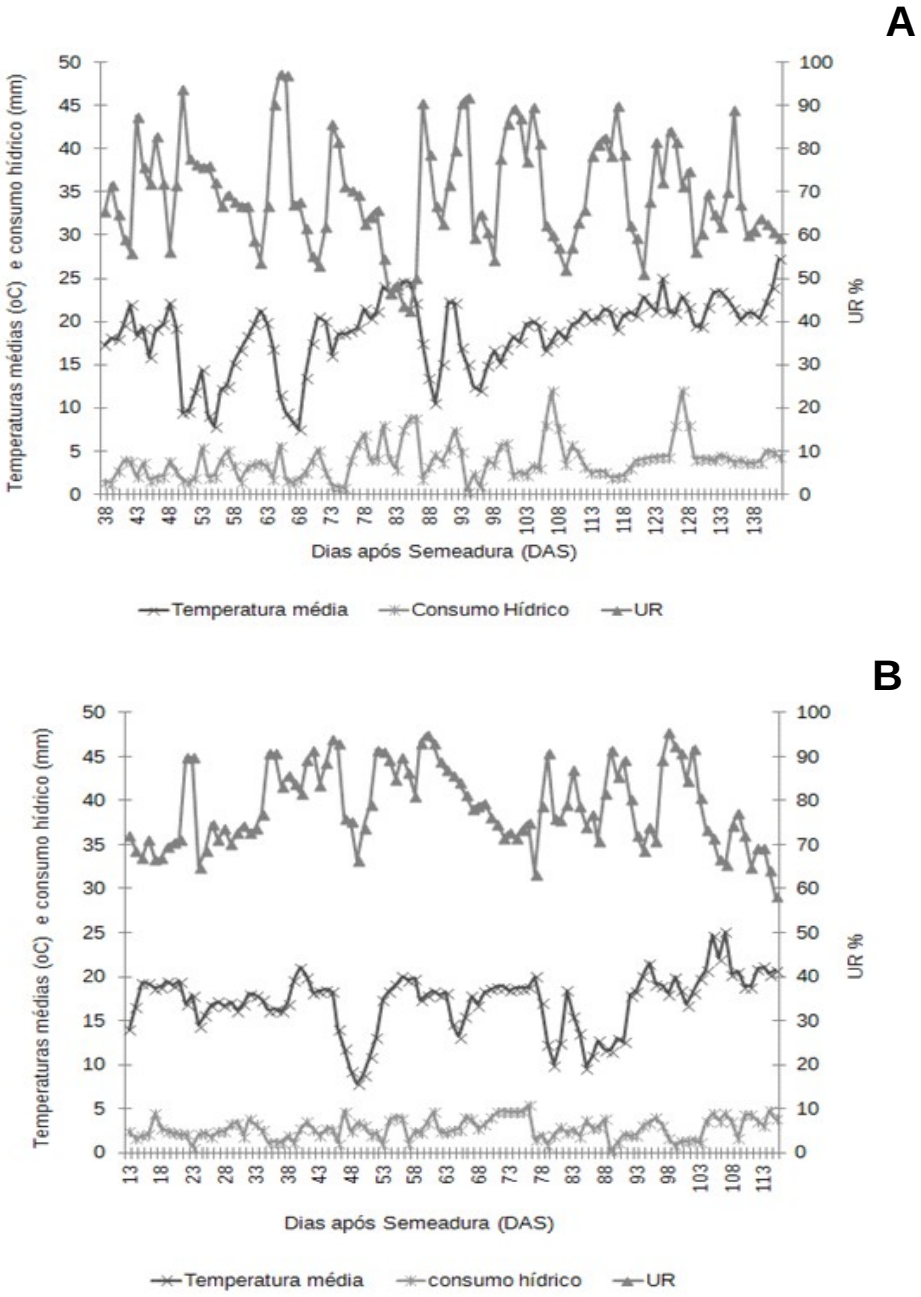



Figura 11 - Valores da evapotranspiração da cultura (consumo hídrico), temperatura média e umidade relativa do ar nos anos de 2012 (A) e 2013 (B). UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

O Kc médio durante o ciclo da cultura decresce nas diferentes fases fenológicas (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de Kc médio nas diferentes fases fenológicas do crambe nos anos de 2012 e 2013. UTFPR, Dois Vizinhos, 2014.

| | Kc | | | | Médio |
|---|---|---|---|---|---|
| | **I-IF** | **IF-IFR** | **IFR- IS** | **IS -CO** | |
| **2012** | 0,68 | 0,97 | 0,76 | 0,60 | 0,72 |
| **2013** | 0,61 | 0,71 | 0,83 | 0,59 | 0,69 |

Observa-se um aumento dos valores de Kc a partir do florescimento e período de maturação do grão e após essa fase há um declínio que vai da senescência até colheita, comportamento esse observado nos dois anos de cultivo. Este padrão de comportamento foi observado por FARIA (2013), avaliando a cultura do Crambe na Região do Mato Grosso do Sul onde obteve valores de Kc de 0,8 na fase inicial, 1,4 durante o florescimento e 1,03 na maturação. Outros autores como Segovia & Lopes Filho (2004) também observaram esse comportamento em que o Kc é menor nas fases iniciais e finais em outras culturas da mesma família, sendo esses valores de 0,7 nas fases iniciais, 0,95 até inicio da maturação e 0,8 da maturação a colheita.

Villa Nova *et al.* 2011, observam o aumento do Kc em relação ao aumento da área foliar em experimento realizado na ESALQ com cafeeiro para estimativa do coeficiente de cultura. Este comportamento observado neste experimento realizado no ano de 2013, onde os maiores valores área foliar coincidem com maiores Kc (dados não mostrados).

Outros fatores podem afetar a estimativa do Kc, como por exemplo a altura da planta. Segundo Villa Nova *et al*. 2011, no cafeeiro, a presença de plantas daninhas aumentou o Kc. Em mamoeiro observou-se incremento no Kc com o aumento do diâmetro da copa e altura da planta (POSSE, 2008). De fato, resultados semelhantes foram observados no crambe nos anos de 2012 e 2013, em que os maiores valores de Kc coincidem com as maiores alturas (dados não mostrados).

# 5 CONCLUSÕES

O avanço da época de semeadura para a cultura de crambe da variedade FMS Brilhante cultivada nas condições edafoclimáticas de Dois Vizinhos prejudicou o desenvolvimento da cultura, sendo recomendado a semeadura no mês de março.

A utilização de densidades de 100 a 120 sementes $m^{-2}$ proporcionou maior produtividade no ano de 2012 e apresentou comportamento linear em 2013. Não houve diferenças significativas entre os espaçamentos entre linha de 17 e 51 cm, sendo ambos recomendados.

A época de semeadura do crambe afetou a negativamente qualidade das sementes produzidos, mas não foi possível isolar o efeito da data de semeadura da sanidade das sementes.

O Kc foi de 0,64 até o início de florescimento, 0,84 até início da frutificação e 0,79 até início da senescência.

# 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de novas espécies pode ser uma importante alternativa de renda para os produtores da região Sudoeste do Paraná, que caracterizam-se como pequenos ou médios produtores que em muitos casos utilizam mão de obra familiar. O crambe é uma alternativa para plantio da safrinha de outono/inverno, que em muitos casos é realizada com soja ou milho, culturas de alto custo comparado ao crambe, que representa ainda uma oportunidade para rotação de culturas.

A cultura apresentou um desempenho compatível com outros estudos em outras regiões do país no ano agrícola de 2012, no entanto, sofreu com ataques de fitopatógenos e o inverno rigoroso em 2013. Desta maneira, são necessários novos estudos para estabelecer condições ideias para o cultivo e o desenvolvimento de variedades resistentes ou tolerantes a patógenos.

# REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M.R.O.A.; GOUVEIA, J.P.G., TROVÃO, D.M.M.; QUEIROGA, V.P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 519-524, 2003.

BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated Genera of Imperfect Fungi.** New York: Mac Millan Pull Company. 218p. 1987.

BEZERRA, F.M.L.; OLIVEIRA, C.H.C. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura nos estádios fenológicos da melancia irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 173-177, 1999.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; BOGNOLA, I. A.; CÚRCIO, G. R.; MANZATTO, C. V.; CARVALHO, J. W.; CHAGAS, C. S.; ÁGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S. **Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR. 74 p. 2008.

BOTTEGA, S.P.; SILVA, C.J.; SOUZA, L.C. Avaliação do comportamento agronômico do crambe em função de dois espaçamentos entre plantas. In: 4° CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL E 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, Belo Horizonte, 2010.

CANGUSSU, L.V.S.; ASSIS, M.O.; RODRIGUES, B.R.A.; FIGUEIREDO, J.C.; DAVID, A.M.S.S.; VIEIRA, J.B.A. Comportamento germinativo de sementes de *Crambe abyssinica.* In: VII FÓRUM DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E GESTÃO, 2013, Montes Claros. **Anais eletrônicos...**Montes Claros, 2013. Disponível em: http://www.fepeg.unimontes.br/sites/default/files/crambe%20ENVIAR%20333_0.pdf. Acesso em: 28 de fev. 2014.

CARNEIRO, S.M.T.P.G.; ROMANO, E.; MARIANOWSKI, T.; OLIVEIRA, J.P.; GARBIM, T.H.S.; ARAUJO, P.M. Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 154, 2009.

CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S.; SILVA, W.A.; SOUZA, W.J.; SOBRINHO, A. T. Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande**,** v. 10, n. 1, p. 112–118, 2006.

CRUZ, S.M. **Testes de vigor para avaliação da qualidade de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst).** 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds Handbook: Biology, Prodution Processing and Storage.** 10 ed. 1997.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yields response to water. **FAO: Irrigation and Drainage Paper**, 33, p. 306. Rome, 1979.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Programa Soc - software científico: versão 2.1**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1990.

ENDRES, G.; SCHATZ, B. **Crambe production**. NDSU agriculture – North Dakota State University. 1993. Disponível em: http://www.ag.ndsu.edu. Acesso em: 9 de jul. 2012.

FARIA, C.A.Jr. **Adaptabilidade da cultura do Crambe no Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra, 2013.** 66p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso.

FREITAS, M.E. **Comportamento agronômico da cultura do crambe** (***Crambe abyssinica* Hoechst*)* em função do manejo empregado.** 2010. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.

FREITAS, A.R.; CABRAL, P.H.R.; MOREIRA, M.A.; TEIXEIRA, M.B.; ALVES, J.M. Produção e teor de óleo de crambe em função de espaçamentos entre linhas de plantas. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL E 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, Belo Horizonte, 2010.

GLASER, L.K. **Crambe: An Economic Assessment of the Feasibility of Providing Multiple-Peril Crop Insurance.** Risk Management Agency, Federal Crop Insurance Corporation, 1996. Disponivel em: http://www.rma.usda.gov/pilots/feasible/pdf/crambe.pdf. Acesso em: 28 de fev. 2014.

GOLZ,T. Crambe. **Alternative Agriculture Series**, n. 4, 1993. Disponível em: http://library.ndsu.edu/tools/dspace/load/ile=/repository/bitstream/handle/10365/8032/AA4_1993.pdf?sequence=1. Acesso em: 28 de fev. 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/default.php. Acesso em: 9 de jul. 2012.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Leituras regionais: Mesoregião geográfica sudoeste do Paraná.** Curitiba: IPARDES e BRDE, 2004. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/webisis.docs/leituras_reg_meso_sudoeste.pdf. Acesso em: 9 de jul. 2012.

JASPER, S.P. **Cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst): Avaliação energética, de custo de produção e produtividade em sistema de plantio direto**. 2009. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2009.

JOBIM, L.S.; BOLZAN, J.T.; SILVA, C.C.; OSORIO FILHO, B.D. A ocorrência de insetos e possíveis pragas da cultura do crambe em Cachoeira do Sul, RS. In: I CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO, Florianópolis, 2010.

LARA, A. C. C. **SELEÇÃO INDIVIDUAL COM TESTE DE PROGÊNIES EM CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst).** 2013. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

LOPES, O.D. **Desenvolvimento, determinação do coeficiente de cultura (Kc) e da eficiência de uso da água do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) na região de Montes Claros – MG**. 2010. 61 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010

MACHADO,M.F.; BARROS,A.P.B.; BRASIL, A.N.; SOARES, L.O.; NUNES,D.L. Produção de biodiesel a partir do óleo de crambe (*Crambe abyssinica*) utilizando álcool etílico**.** In: 5º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel,Lavras, 2008. **Anais eletrônicos...** Lavras, 2008. Disponível em:http://oleo.ufla.br/anais_05/artigos/a5__535.pdf. Acesso em: 28 de fev. 2014.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** 1 Ed. Brasília: MAPA, 2009. 399p.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Projeto Pólos de Biodiesel**. 2006. Disponível em: http://www.mda.gov.br/portal/. Acesso em: 9 de jul. 2012.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; IEL – Instituto Euvaldo Lodi – IEL. **O futuro da indústria: biodiesel**. Coletânea de artigos. Brasilia, 2006.

MAEKAWA, M.T.Jr.; FARAUN, R.S.; LEAL, A.J.F.; ANSELMO, J.L.; HOLANDA, H.V.; ENSINAS, S.C. Produtividade de grambe (*Crambe abyssinica* Hochst) em função de adubação, espaçamento e densidade de plantas. *In:* XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2010, Uberlândia. Disponível em: http://cpcs.sites.ufms.br/files/2012/10/crambe1.pdf. Acesso em: 28 de fev. 2014.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, 2(2), p. 176-177, 1962.

MATTEI, L. F. Programa Nacional para Produção e Uso do Biodiesel no Brasil (PNPB): trajetória, situação atual e desafios. **Revista Econômica do Nordeste**. v. 41, n. 4, p. 731-740. 2010.

MEDEIROS, A.T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de PenmanMonteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. Piracicaba, 2002. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola superior de agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MOERS, E. M.; KUHN, O. J.; GONÇALVES JR., A. C.; FRANZENER, G.; STANGARLIN, J. R. Levantamento de doenças na cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na região oeste do Paraná. **Scientia Agraria Paranaenis**, v. 11, n. 11, p. 35-48, 2012.

NAE - Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Biocombustíveis**. Brasília. Cadernos NAE, n.2. 2005.

NEVES, M.B.; TRZECIAK, M.B.; VINHOLES, P.S.; TELLMANN, A.C.; VILLELA,F.A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidas em Mato Grosso do Sul. In: SIMPOSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA e 1ª REUNIÃO TECNICA ANUAL DE AGROENERGIA –RS, 2007, Pelotas. **Anais eletrônicos...**.Pelotas, 2007. Disponível em: http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/livros/agroenergia-

2007/trabalhos/Outras%20culturas_11_OK/Neves_1.pdf. Acesso em: 20 de fev. 2014.

OLIVEIRA, A.C.S.; MARTINS, G.N.; SILVA, R.F. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Inter Science Place**, n. 4, 2009.

OPLINGER, E. S.; OELKE A. R., 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.** University of Wisconsin and University of Minnesota St. Paul, MN 55108. July, 1991. Disponível em: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/AFCM/crambe.html. Acesso em: 18 de julho de 2011.

OYEN, L.P.A. ***Crambe hispanica*** L. 2007. Disponível em: http://www.prota4u.org/. Acesso em: 9 de ago. 2012.

PILAU, F.G.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; SCHWERZ, L.; KULCZYNSKI, S.M. Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 958-964, 2011.

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

PITOL, C. Cultura do crambe. **Tecnologia e produção: Milho safrinha e culturas de inverno.** Fundação MS, 2008. Disponível em: http://www.fundacaoms.org.br. Acesso em: 9 de jul. 2012.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e Produção: Crambe 2010.** 1. Ed. Maracaju: Fundação MS, 2010. 60 p.

POSSE, R.P. **Determinação dos coeficientes da cultura (Kc), de produtividade (Ky), da área foliar e efeito da lâmina de irrigação, do turno de rega e da adubação potássica na produtividade do mamoeiro nas regiões norte e noroeste fluminense**. 2008. 197 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - UniversidademEstadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos Dos Goytacazes, 2008.

PRIESTLEY, C.H.B.; TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux evaporation, using large scale parameters. **Monthly Weather Review**, Madison, v.100, n.2, p.81-92, 1972.

QUEIROGA, V.P.; CASTRO L.B.Q.; GOUVEIA, J.P.G.; JERÔNIMO, J.F. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de algodão armazenadas em função do processo de deslintamento químico**.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, Salvador, 2005. **Anais eletrônicos...**.Salvador, 2005. Disponível em: http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/380.pdf. Acesso em: 28 de fev. 2014.

RUAS, R.A.A.; NASCIMENTO, G.B.; BERGAMO, E.P.; DAUR JÚNIOR, R.H.; ARRUDA, R.G. Embebição e germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). **Pesq. Agropec. Trop**., Goiânia, v. 40, n. 1, p. 61-65, 2010.

SANTOS, L.A.S.; ROSSETTO, C.A.V. Testes de vigor em sementes de Crambe abyssinica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 2, 2013.

SEGOVIA, J. F. O.; LOPES  Irrigação de hortaliças no estado do Amapá. **Circular Técnica**, Macapá, n. 33, 2004.

SOUSA, I.F; FACCIOLLI, G.; NETTO, A.O.A.; SILVA, A.A.; QUEIROZ, M.G.  Estudo do Coeficiente de Cultura do Coentro na Região Agreste do Estado de Sergipe. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Guarapari, 2011.

TOLEDO, M.Z.; FONSECA, N.R., CESAR, M.L.; SORATTO, R.P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C.A.C. QUALIDADE FISIOLOGICA E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE FEIJAO EM FUNCAO DA APLICACAO TARDIA DE NITROGENIO EM COBERTURA. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** Goiânia*,* v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Etanol: uma atitude inteligente.** Projeto agora, São Paulo, 2011.

VIANA, O.H. **Cultivo de crambe na região oeste do Paraná.** 2013. 60 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2013.

VILLA NOVA, N.A.; FAVARIN, J.L.; ANGELOCCI, L.R., DOURADO-NETO, D. Estimativa do coeficiente de cultura (Kc) do cafeeiro em função de variáveis

climatológicas e fitotécnicas. In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2011, Vitória. **Anais... Embrapa Café, 2011.** Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/index.php/view-details/ii-simposio-de-pesquisa-dos-cafes-do-brasil/332-estimativa-do-coeficiente-de-cultura-kc-do-cafeeiro-em-funcao-de-variaveis-climatologicas-e-fitotecnicas. Acesso em: 28 de fev. 2014.

WRIGHT, J.L.; JENSEN, M.E. Peak water requerimets in Southern Idaho. **Drainage Division**, v.98, n. 2, p.193-201, 1972.

## ÍNDICE DE APÊNDICES

APÊNDICE A.....67
APÊNDICE B.....68

# APÊNDICES

## APÊNDICE A

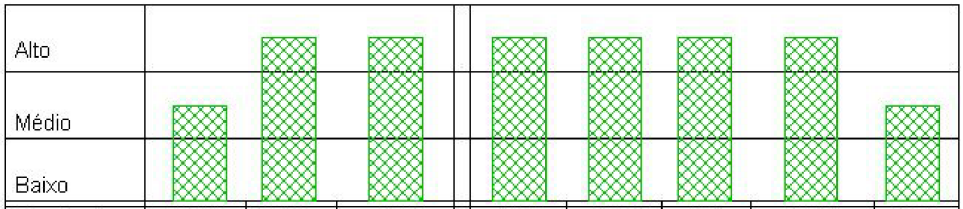
Análise de solo dos experimentos a campo

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Coordenação de Agronomia

Governo do Estado do Paraná
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Instituto Agronômico do Paraná

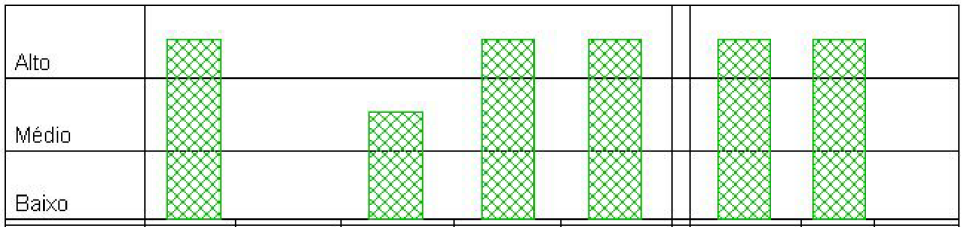
### Laudo de Análise de Solo

| | | |
|---|---|---|
| Solicitante : Tamires Barbizan - Prof. Alessandro | Laudo : 4668 | Amostra:979 |
| Endereço: | Data: 19/07/2013 | |
| Propriedade: - Pato Branco - PR | | |
| Talhão: 1 - A1 | Profundidade: 0 - 20 cm | |
| Técnico: Pesquisa | Nº Matrícula: 0 | |




| | MO gdm$^{-3}$ | P mgdm$^{-3}$ | K cmol$_c$dm$^{-3}$ | Cu mgdm$^{-3}$ | Fe mgdm$^{-3}$ | Zn mgdm$^{-3}$ | Mn mgdm$^{-3}$ | pH $CaCl_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Resultados | 28,14 | 32,28 | 0,38 | 11,73 | 37,07 | 4,94 | 36,94 | 5,70 |

OBS: K(mgdm$^{-3}$): 148,58



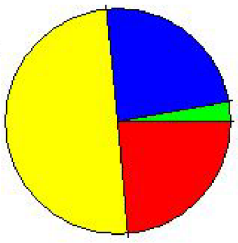

| | Índice SMP | $Al^{+3}$ cmol$_c$dm$^{-3}$ | H+Al cmol$_c$dm$^{-3}$ | Ca cmol$_c$dm$^{-3}$ | Mg cmol$_c$dm$^{-3}$ | SB cmol$_c$dm$^{-3}$ | V (%) | Sat. Al (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Resultados | 6,60 | 0,00 | 3,18 | 6,71 | 3,21 | 10,30 | 76,41 | 0,00 |

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em $_2$Ca.Cl 1:2,5
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L$^{-1}$

**Porcentagem dos valores em relação ao CTC**

Valor do CTC = 13,48

K : 2,82 %
Mg : 23,81 %
Ca : 49,78 %
H+Al : 23,59 %



Laboratório de Análises de Solos UTFPR/IAPAR, Via do Conhecimento, Km 01, CEP 85503-390, Pato Branco-PR

## APÊNDICE B

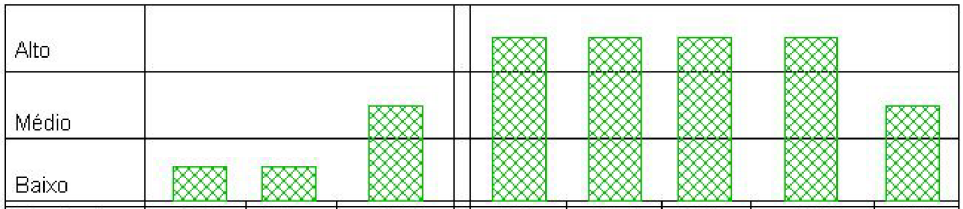
Análise de solo dos experimentos com lisímetros

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Coordenação de Agronomia

Governo do Estado do Paraná
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Instituto Agronômico do Paraná

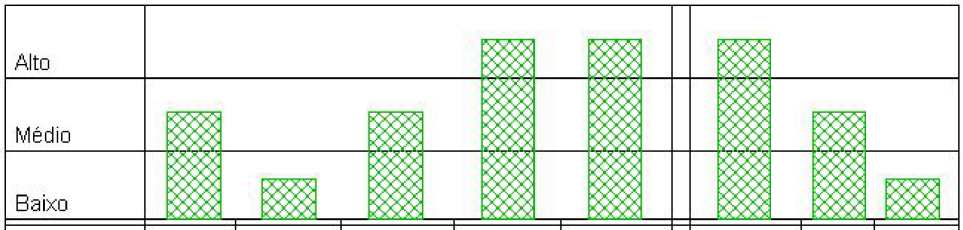
### Laudo de Análise de Solo

| | |
|---|---|
| Solicitante : Tamires Barbizan - Prof. Alessandro | Laudo : 4668 Amostra:980 |
| Endereço: | Data: 19/07/2013 |
| Propriedade: - Pato Branco - PR | |
| Talhão: 2 - A2 | Profundidade: 0 - 20 cm |
| Técnico: Pesquisa | Nº Matrícula: 0 |




| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Resultados | 18,76 | 1,97 | 0,30 | 7,89 | 38,43 | 2,58 | 11,96 | 4,80 |
| | MO $gdm^{-3}$ | P $mgdm^{-3}$ | K $cmol_c dm^{-3}$ | Cu $mgdm^{-3}$ | Fe $mgdm^{-3}$ | Zn $mgdm^{-3}$ | Mn $mgdm^{-3}$ | pH $CaCl_2$ |

OBS: K($mgdm^{-3}$): 117,30



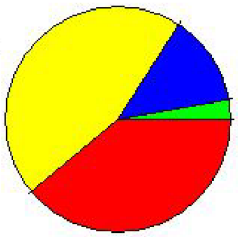

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Resultados | 6,20 | 0,10 | 4,28 | 4,96 | 1,45 | 6,71 | 61,06 | 1,47 |
| | Índice SMP | $Al^{+3}$ $cmol_c dm^{-3}$ | H+Al $cmol_c dm^{-3}$ | Ca $cmol_c dm^{-3}$ | Mg $cmol_c dm^{-3}$ | SB $cmol_c dm^{-3}$ | V (%) | Sat. Al (%) |

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em $_2$Ca.Cl 1:2,5
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol $L^{-1}$

**Porcentagem dos valores em relação ao CTC**

Valor do CTC = 10,99

K : 2,73 %
Mg : 13,19 %
Ca : 45,13 %
H+Al : 38,94 %



Laboratório de Análises de Solos UTFPR/IAPAR, Via do Conhecimento, Km 01, CEP 85503-390, Pato Branco-PR