

THIAGO STOCK PASCHOAL

**GENÓTIPOS DE CÁRTAMO: PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, TEOR DE ÓLEO E
ACÚMULO DE NUTRIENTES NO OESTE DO PARANÁ**

**CASCVEL
PARANÁ - BRASIL
MARÇO - 2016**

THIAGO STOCK PASCHOAL

**GENÓTIPOS DE CÁRTAMO: PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, TEOR DE ÓLEO E
ACÚMULO DE NUTRIENTES NO OESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Deonir Secco

**CASCADEL
PARANÁ - BRASIL
MARÇO - 2016**

Ficha catalográfica elaborada por Hebe Negrão de Jimenez – CRB 101/9

P279g Paschoal, Thiago Stock

**Genótipos de cártamo: produtividade de grãos, teor de óleo e acúmulo de nutrientes no oeste do Paraná/ Thiago Stock Paschoal.- Cascavel: UNIOESTE, 2016.
34 p.: tabelas**

Dissertação (mestrado) Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, 2016.

Inclui bibliografia

Orientador: Dr. Luiz Antonio Zanão Junior

Coorientador: Profº. Dr. Deonir Secco

1. Genótipos de cártamo. 2. Cártamo – Cultura. 3. Cártamo – Nutrientes. 4. Óleo de cártamo – Produção – Região Oeste – Paraná. 5. Biodiesel – Produção de. 6. Agricultura e energia. I. Título.

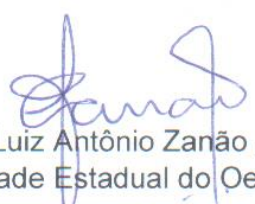
CDD 620.91

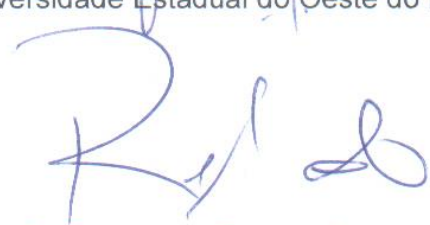
THIAGO STOCK PASCHOAL

“GENÓTIPOS DE CÁRTAMO: PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, TEOR DE ÓLEO E ACÚMULO DE NUTRIENTES NO OESTE DO PARANÁ”

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

Orientador:


Prof. Dr. Luiz Antônio Zanão Junior
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Profa. Dra. Clair Aparecida Viecelli
Faculdade Assis Gurgacz – FAG/Cascavel

Cascavel, 29 de março de 2016.

*Aos meus filhos Lucas e Isabel,
que o estudo sempre esteja
presente em suas vidas.*

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos

À minha esposa Juliana, por sonhar junto comigo este sonho, “*nossos sonhos são os mesmos, há muito tempo*”, muito obrigado.

À minha família, por estar sempre ao meu lado em todas as minhas escolhas, me auxiliando nas diferentes etapas de minha vida. A minha irmã Louríni, pelo auxílio nos momentos de dúvidas.

Ao meu grande orientador Prof. Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior, que desde o início me auxiliou em todos os momentos que foi preciso, me orientando e me lembrando do caminho que deveria ser seguido.

Ao pesquisador Pedro Mário de Araújo, do Instituto Agrônomo do Paraná, pelas valiosas sugestões e contribuições.

Aos professores Dr. Jair Antônio Cruz Siqueira e Dr. Deonir Secco, que em momentos informais incentivaram a participar deste mestrado. Ao professor Dr. Deonir Secco, também pelos conhecimentos passados como coorientador.

Aos professores, que ministraram aulas no programa e participaram da pré defesa, com conselhos úteis e ensinamentos para a vida.

Aos colegas da turma do mestrado, que sempre tiveram uma palavra amiga para incentivar e motivar em horas difíceis.

À UNIOESTE e ao Programa de Mestrado Engenharia de Energia na Agricultura pela oportunidade concedida.

E para todos que de alguma maneira contribuíram com ensinamentos, conhecimentos e palavras que agregaram nesta fase da minha vida.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa da porcentagem de óleo nas principais espécies de oleaginosas.	05
Tabela 2 - Análise química do solo em que o experimento foi conduzido. Santa Tereza do Oeste, PR, 2014.	12
Tabela 3 - Altura, ciclo e massa seca da palhada de genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015.	15
Tabela 4 - Produtividade e teor de óleo de grãos de genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015.	17
Tabela 5 - Extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015. ..	19
Tabela 6 - Exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015.	22
Tabela 7 - Eficiência na utilização de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre de genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015.	24

PASCHOAL, Thiago Stock. MSc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, março de 2016. **Genótipos de cártamo: produtividade de grãos, teor de óleo e acúmulo de nutrientes no Oeste do Paraná.** Orientador: Dr. Luiz Antônio Zanão Junior. Coorientador: Dr. Deonir Secco.

RESUMO

O aumento do consumo de energia no Brasil e no mundo gera uma necessidade de se buscar alternativas renováveis e não poluidoras de energia, como os biocombustíveis. O cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) é uma planta com grande capacidade de produção de óleo, com potencial para produção de biodiesel. Apresenta alta produtividade e fácil adaptação climática. Pode ser uma opção de cultura econômica na rotação de culturas praticada pelos agricultores. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar dezoito genótipos de cártamo e sua absorção de nutrientes em um experimento conduzido na região oeste do estado do Paraná. A área experimental está localizada na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná, no município de Santa Tereza do Oeste - PR. Foram avaliados, em blocos casualizados com quatro repetições. Foram avaliados o ciclo, altura das plantas, produção de massa seca da palhada, produtividade de grãos, acúmulo de nutrientes na parte aérea e nos grãos, e teor de óleo nos grãos e produtividade de óleo. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5 %. Os valores médios encontrados foram ciclo de 152 dias, produção de palhada de 34,2 kg/ha, 4531,8 kg/ha de grãos e teor de óleo de 26 %. A extração de nutrientes apresentou a seguinte ordem $N > K > Ca > P > Mg > S$. Já a ordem exportada foi $N > P > K > Mg > S > Ca$. A mobilidade dos nutrientes extraídos para os grãos foi baixa para o K e Ca, média para Mg e S e alta para o N e P. Os genótipos com maiores produtividades, em média, foram menos eficientes na utilização dos nutrientes.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel, Macronutrientes, Eficiência.

PASCHOAL, Thiago Stock. MSc, State University of West Paraná, March 2016. **Safflower genotypes: Grain productivity, oil content and nutrient accumulation in western Parana.** Adviser: Dr. Luiz Antônio Zanão Junior. Coadviser: Dr. Deonir Secco.

ABSTRACT

The increase of energy consumption in Brazil and worldwide generates a need to search alternative renewable and non-polluting energy such as biofuels. The safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a plant with large oil production capacity, with the potential for biodiesel production. It has high productivity and easy climate adaptation. It can be an economical option in crop rotation cultivation practiced by farmers. The objective of this study was to evaluate eighteen genotypes of safflower and its nutrients absorption in an experiment carried out in the western region of State of Parana. The experimental area is located at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Paraná, in Santa Tereza do Oeste - PR. There were evaluated in a randomized block design with four replications. There were evaluated the cycle, plant height, dry matter yield of straw, grain yield, accumulation of nutrients in the area and the grain and oil content in grain and oil yield. The data will be submitted to analysis of variance and the averages compared by Scott-Knott test at 5 %. The average values observed were 152 day cycle, production 9134.2 kg/ha, 4531.8 kg / ha of grain and 26 % oil content. The nutrient uptake followed the order $N > K > Ca > P > Mg > S$. Since the export order was $N > P > K > Mg > S > Ca$. The nutrients mobility extracted for grains was low for K and Ca, Mg and S for average and high for N and P. The genotypes with higher yields on average were less efficient in the use of nutrients.

KEYWORDS: Biodiesel, Macronutrients, Efficiency.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1 Matriz energética brasileira	03
2.2 Biocombustíveis.....	04
2.3 Cultura do cártamo	06
2.4 Nutrição das plantas	09
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5. CONCLUSÃO	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

A demanda por energia tem aumentado no mundo inteiro, seja pelo aumento da população como pelo aumento de fábricas, indústrias ou ainda pela automatização de processos e atividades.

Essa demanda aumentou 27% do ano de 2000 até os dias de hoje. Os principais aumentos se deram nas energias não renováveis. O consumo de carvão cresceu dez vezes, do petróleo dobrou e do gás triplicou. A expectativa é que a população mundial aumente cerca de 30% até o ano de 2040, chegando a nove bilhões de pessoas. Esse crescimento deve elevar o consumo de energia em cerca de 30% (EXXONMOBIL, 2012).

Para Schutz, Massuquetti e Alves (2013), além do aumento da demanda, a principal fonte de energia são os combustíveis não renováveis, que são causadores de prejuízos ao meio ambiente. Assim, é inevitável a busca por fontes alternativas, que possuam as características de serem renováveis e limpas, ou seja, não poluidoras.

A participação dos biocombustíveis vem crescendo tanto no Brasil como no mundo. Na matriz energética brasileira, 44,7% da energia é renovável. Esse número elevado ocorre por conta das usinas hidrelétricas. Já no mundo, a participação da energia renovável é de 13,3%.

Os biocombustíveis são originados de espécies vegetais, de origem biológica. Conforme a Lei n. 9.478 de 06 de agosto de 1997, biocombustível é todo combustível derivado de biomassa renovável. Eles podem substituir total ou parcialmente o uso de combustíveis fósseis e as principais fontes são: soja, milho canola e mamona.

Na agricultura, tanto a quantidade quanto a qualidade do produto colhido são severamente influenciadas pela nutrição e eficiência com que as plantas utilizam os nutrientes.

O cártamo é uma oleaginosa que possui grande capacidade de produção de óleo, é uma planta resistente, de fácil adaptação e boa capacidade de produção mesmo com restrição hídrica, desenvolvendo-se bem em climas tropicais como o da região oeste do Paraná. Pode então, ser uma opção de cultura econômica na rotação de culturas praticada pelos agricultores, no entanto, faltam muitas

informações sobre a cultura, principalmente em relação a cultivares e necessidades nutricionais.

Com base nessa necessidade de desenvolvimento de alternativas ao uso de combustíveis não renováveis, este trabalho objetivou avaliar a produtividade de grãos e de óleo de genótipos da cultura do cártamo e sua absorção de nutrientes, em um experimento realizado no oeste do estado do Paraná.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Matriz energética brasileira

Para Cattaneo (2014), de toda energia que é consumida em nosso planeta, a maior parte é proveniente dos derivados de petróleo, da queima do carvão e do gás natural. A dependência dessas fontes vem preocupando o homem que busca outras formas de energia para atender a demanda crescente, de maneira quantitativa e visando cuidados com o meio ambiente e, ainda, obtendo lucro com essas fontes alternativas.

Boiral (2014) confirma a preocupação com as questões ligadas a preservação do meio ambiente nas questões ligadas a energia. Ressaltando ainda que as empresas estão sujeitas a pressões sociais para diminuir e/ou cessarem atividades que degradem o meio ambiente, sendo um diferencial positivo para aquelas que primam por esses cuidados.

Além das questões ambientais, outro motivo de preocupação são os estudos que apontam o aumento da demanda de energia e a diminuição nas reservas de petróleo, o que aumenta a necessidade e a urgência em substituir os combustíveis de origem fósseis, não renováveis, por outras fontes que sejam renováveis (SORANSO *et al.*, 2008).

Conforme Parizotto (2014), a necessidade de obter energia através de fontes renováveis tem levado empresas e governos a somarem esforços e a pesquisas na busca de uma alternativa viável e lucrativa, como a energia solar, eólica e os biocombustíveis.

Segundo Cunha (2014), pode ser considerada fonte de energia não renovável aquela que está presente na natureza de forma limitada e que deve se extinguir com a utilização periódica, por exemplo, os combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural, e também o urânio que é base da energia nuclear. Já a energia de fonte renovável é definida por Silva (2012) como aquela que é impossível precisar um tempo para o seu fim. São consideradas inesgotáveis, porém a quantidade de energia possível é limitada, como exemplos os raios solares, ventos e movimento das marés.

Fornasari (2014) descreve em seu trabalho que uma das opções dentro das fontes de energia renováveis é a produção de óleos vegetais para a geração de biocombustíveis, os quais estão presentes em vários países e são considerados fontes viáveis economicamente e também ambientalmente. O Brasil, por ser um país com grandes áreas de terras voltadas para a produção agrícola, possui grande potencial na produção de matéria prima para biocombustíveis.

Exxonmobil (2012) evidencia a dependência atual e futura do mundo por energia de matrizes não renováveis. Hoje o combustível mais usado é o petróleo, com 170 quatrilhões de BTU's (British Thermal Unit), sendo que a expectativa para 2040 é que ele continue sendo a fonte mais usada, aumentando para a casa dos 210 quatrilhões de BTU's.

2.2 Biocombustíveis

Para a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (2014), os biocombustíveis (desde a produção até a utilização) são fonte de energia sustentável, viável, limpa em relação à degradação do meio ambiente, principalmente à diminuição nas emissões de gases poluentes dos veículos e social, pois geram divisas aos produtores e ao país.

Ainda segundo dados da ANP (2014), no mês de dezembro de 2013, os principais insumos utilizados para a produção de biocombustíveis no Brasil foram: o óleo de soja com cerca de 70%, seguido da gordura bovina com 27%, dos óleos de algodão, de fritura, gordura suína e outras matérias graxas, todos com menos de 2% de utilização.

Zaher (1990) conta que os estudos de busca por matérias primas para produção dos biocombustíveis são antigas e vêm avançando e crescendo periodicamente. Em 1898 Rudolph Diesel mostrou um motor que era abastecido com óleo de amendoim e esse era mais eficiente que o motor a vapor, expoente na época.

A inserção dos biocombustíveis na matriz energética do Brasil e em outros países do mundo vem acontecendo através da obrigatoriedade de se misturar o biocombustível ao diesel tradicional. Essa decisão gera oportunidades para o setor público e para o privado (GARCIA; COSTA, 2011).

No ano de 2008 o senado brasileiro aprovou o projeto de Lei n.81/2008, que autoriza a comercialização do óleo vegetal in natura, considerando-o como combustível e a sua utilização em máquinas agrícolas, no transporte rodoviário, ferroviário ou ainda hidroviário. Esse é um exemplo de como a legislação influencia o mercado de biocombustíveis, segundo Guerra e Fuchs (2010).

Essa inserção dos biocombustíveis é fortemente influenciada pelo aumento do preço do barril do petróleo, pelas incertezas climáticas e o aumento do apelo ao uso de uma energia que não degrade o meio ambiente. Por conta desses fatores é facilmente verificado um grande aumento de investimentos em projetos e pesquisas relacionados aos biocombustíveis (GARCIA e COSTA, 2011).

O óleo vegetal é obtido do esmagamento e prensagem dos grãos, passando ainda pelos processos de sedimentação e filtragem. Guerra e Fuchs (2010) apresentam uma estimativa do teor de óleo vegetal nas principais espécies de oleaginosas. Soja e algodão apresentam as menores quantidades relativas de óleo e o babaçu, as maiores. O cártamo apresenta valor médio de 35%. (Tabela1).

Tabela 1 - Estimativa da porcentagem de óleo nas sementes das principais espécies de oleaginosas

Espécie	Teor de óleo (%)
Amendoim	40 a 50
Algodão	15 a 25
Babaçu	55 a 65
Canola	40 a 50
Cártamo	35
Dendê	45 a 50
Gergelim	50 a 55
Girassol	35 a 52
Linhaça	30 a 48
Mamona	40 a 50
Nabo forrageiro	35 a 50
Soja	18 a 22
Tungue	30 a 35
Pinhão-manso	38 a 45

Fonte: Adaptado de GUERRA e FUCHS, 2010.

2.3 Cultura do cártamo

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) pertence à família Asteraceae, a mesma do girassol. É uma planta anual originária da Ásia e África, com grande resistência a climas adversos e secos. É utilizada desde a antiguidade na tinturaria, pois é possível retirar o cartamina, um corante de suas flores. (OELKE *et al.*, 1992).

Essa oleaginosa tem como os principais países produtores a Índia, seguida da Argentina, Cazaquistão, México e Estados Unidos. Em relação à produtividade, o ranking muda para México, Tarjiquistão, China, Estados Unidos e Turquia. No Brasil a exploração ainda é tímida e pouco relevante em comparação com os grandes produtores (SILVA, 2013).

Segundo JUDD *et al.* (2009), o gênero ao qual pertence o cártamo é comum em regiões temperadas, tropicais montanas, secas e abertas. Sua importância econômica se dá através de produtos alimentícios, ornamentais, entre outros.

Possui várias denominações, conforme a região e o país, como açafroa, açafirão-bastardo, açafirão dos pobres e sultano. Nos países de Língua inglesa é conhecido como safflower (MEDEIROS, 2011).

Segundo Silva (2013), o cártamo é uma planta cultivada há mais de dois mil anos e hoje está presente em todos os continentes. Pode ser utilizado de diversas formas: na alimentação humana, na indústria e até mesmo para a produção de biocombustíveis.

Para Silva (2014), a planta de cártamo possui valor econômico de várias formas, devido às propriedades químicas de seu óleo utilizado na indústria de cosméticos e saúde. Também possui valor ornamental e atualmente valor energético do grão, utilizado na produção de biocombustíveis.

Conforme Golkar; Arzani e Rezaei (2011) a possível origem do cártamo é a região onde atualmente é o Irã. Sua produção tem aumentado ano a ano e sua semente produz de 27 a 32% de óleo, 5 a 8% de umidade, 14 a 15% de proteína, 2 a 7% de cinzas e 32 a 34% de fibras.

O óleo do cártamo é insípido, levemente amarelado e com características nutricionais semelhantes ao óleo de girassol. Para a produção de óleo existem dois tipos de cártamo, um com alto teor de ácido oleico e o outro com alto teor de ácido linoleico (MEDEIROS, 2011).

No óleo do cártamo predominam os ésteres glicéridos de ácidos insaturados, ácido oleico e/ou ácido linoleico. É um óleo com alto teor de gordura poli-insaturada e rico em vitamina E (WEISS, 1983).

Carneiro (2010) relata que em Portugal o cártamo é uma das principais culturas energéticas. É uma planta de boa adaptação ao clima local, a terrenos profundos, a baixa frequência de precipitações e ao frio que é presente nas primeiras fases do ciclo vegetativo.

Para Gerhardt (2014), o cártamo possui boas características de adaptação ao clima brasileiro, principalmente nas regiões de clima semiárido, desenvolvendo inclusive com baixa disponibilidade hídrica, sendo ideal para a entressafra da soja ou do milho do Brasil.

O cártamo produz em torno de 3000 kg/ha de grãos, variando com o grau de tecnologia e investimento aplicado. A quantidade de palhada varia de 4 a 6 toneladas por hectares (POSSENTI e PAULINO 2010).

Segundo Herdrich (2001), o cártamo possui ciclo de produção de 130 a 140 dias, sendo possíveis duas colheitas no ano. Segundo Kaffka (2000), o cártamo necessita de pelo menos 120 dias para completar seu ciclo, mas foi verificado que no México, variou entre 140 e 170 dias após a semeadura, dependendo da região e época de semeadura. Segundo Coronado (2010), dependendo do genótipo o ciclo pode variar de 137 a 190 dias.

Daff (2015) recomenda, na semeadura, de 7 a 10 kg/ha de sementes, com espaçamento entre linhas de 45 cm e uma profundidade de 3 a 5 cm. É uma planta pouco suscetível a ataques de insetos e quando colhida o teor de umidade deve estar próximo a 8%.

A emergência ocorre entre 3 e 8 dias após a semeadura. O estágio de roseta é caracterizado pelo lento crescimento da planta. É a etapa mais crítica do desenvolvimento, em que ocorre a competição por água, luz e nutrientes com plantas invasoras (OELKE *et al.* 1992).

Para Bergman e Kandel (2013), o ponto de colheita ocorre aproximadamente 30 dias após o florescimento. É quando a maioria das folhas estão com coloração marrom.

Abud *et al.* (2010) relatam que a espécie *Carthamus tinctorius* possui duas subespécies: *C. tinctorius inermis* e *C. tinctorius typicus*. A segunda produz menos

sementes que a primeira. É descrita como uma planta herbácea, anual, com vários ramos que são classificados como primários, secundários e terciários. Cada um deles termina em uma estrutura globular conhecida como capítulo. Segundo Singh e Nimbkar (2007)m, cada capítulo possui de 20 a 250 flores ou floretes envolvidas por várias brácteas sobrepostas.

Seu caule é ereto com ramificações, podendo desenvolver até cinco inflorescências com capítulos, com tonalidades amarelada, alaranjada, avermelha e brancos (raros), que escurecem quando secos. Com altura variando de 30 a 150 cm (OELKE *et al.*, 1992, MÜNDEL, *et al.* 2004).

Possui sistema radicular pivotante, bem desenvolvido, chegando a atingir até 100 centímetros de profundidade. A propagação da espécie é sexuada, a planta produz grande quantidade de sementes (ABUD *et al.*, 2010). Os frutos são aquênios, com 15 a 30 sementes. O peso médio de 1000 sementes é de 35,30 gramas e possui cerca de 10% de umidade. (ABUD *et al.*, 2010).

Conforme Dajue e Mündel (1996), a reprodução do cártamo ocorre principalmente pela autofecundação, com taxa superior a 90%. As abelhas são os principais agentes polinizadores. Mesmo com alta taxa de cruzamentos, os métodos de melhoramento adotados são aqueles empregados para espécies autógamias.

Os maiores programas de melhoramento genético da cultura do cártamo se encontram na Índia, onde está a maior área de cultivo. Existem pesquisas relacionadas ao cártamo desde o início dos anos 70. Nos EUA os primeiros melhoramentos genéticos foram na década de 40, no setor público e privado e no México iniciou-se em 1958 (MÜNDEL e BERGMAN, 2009; BERGMAN e KANDEL 2013).

Ekin (2005) relata que a principal ênfase dos estudos de melhoramento do cártamo está voltada para o aumento de produtividade. Atendendo exigências locais, os objetivos têm sido direcionados para outros estudos como quantidade e qualidade do óleo.

Conforme Mündel *et al.* (2004) existem vários patógenos que causam doenças na planta do cártamo, como fungos, bactérias e vírus. Os fungos representam até 70% dos patógenos que afetam a cultura. As principais doenças são as foliares, favorecidas pelo ambiente úmido. O cártamo também é suscetível à mancha foliar que tem como causa a *Alternaria carthami*. Outras doenças foliares

são causadas por *Botrytis cinerea*, *Cercospora carthami*, *Pseudomonas syringae*, *Puccinia carthami* e *Ramularia carthami*. Freire (2009) fez o primeiro relato no mundo de mancha foliar causada por *Alternaria helianthi* em cártamo, no estado do Ceará.

Pontim (2011) verificou que os principais gêneros de fungos de maior incidência em sementes de cártamo foram *Rhizopus sp.*, *Aspergillus spp.*, e *Fusarium sp.*

As doenças radiculares mais importantes são as podridões radiculares causadas pelos fungos *Phytophthora*, *Fusarium oxysporum f. sp. carthami* e *Verticillium dahliae* (KLISIEWICZ, 1993).

Para Daff (2015), é importante realizar a rotação de culturas com o cártamo, ele deve ser cultivado após culturas de grãos como o milho e devem ser evitadas áreas precedidas de feijão, girassol e canola, para conter problemas com mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Girardi *et al.* (2013) relatam que as pesquisas e informações referentes à cultura do cártamo são escassas, pois existem dificuldades na produção. Segundo os autores, as sementes adquiridas geralmente são de baixa qualidade e armazenadas por longo tempo, isso afeta a taxa de germinação. Corroborando com essa informação, Pontim (2011) relata que a escassez de informações técnicas sobre o manejo do cártamo limita o crescimento da cultura no Brasil.

2.4 Nutrição das plantas

Conforme Zanão Júnior (2012), os nutrientes são divididos em macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes são absorvidos em maiores quantidades que os micronutrientes. No entanto, todos são indispensáveis para que a planta complete seu ciclo de vida. Os macronutrientes são o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Os micronutrientes são boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Segundo Coelho (2008), a disponibilidade de nutrientes no solo deve estar sincronizada com a necessidade da cultura, em quantidade, forma e tempo. Culturas com maior rendimento extraem e exportam maiores quantidades de nutrientes.

A quantidade de fertilizantes a ser aplicada deve sempre ser baseada na análise química do solo, para a partir dessa, verificar a real necessidade da cultura, tanto em relação a qual nutriente como em relação a quantidade desse nutriente, levando em conta ainda, as condições do solo e do clima da região (SEREVINO, *et al.*, 2006). E também, devem ser consideradas as quantidades de nutrientes extraídas e exportadas pelas culturas para um melhor planejamento da adubação.

A diferença entre a quantidade de nutrientes que entra e que sai no sistema é o princípio do balanço de nutrientes. As entradas são calculadas com base na adubação realizada, fixação biológica e outras fontes em menor quantidade, e as quantidades de saídas, ou a quantidade exportada pode ser determinada pela análise do conteúdo de nutrientes nos produtos colhidos (CUNHA, CASARIN e PROCHNOW, 2010).

A necessidade de nutrientes de uma planta é determinada pela quantidade de nutrientes que essa planta é capaz de extrair do solo. Essa capacidade de absorção é influenciada por vários fatores como: clima, genótipo e sistema de plantio. Geralmente a absorção acontece durante todo o ciclo em diversas velocidades de absorção. Já a extração dependerá do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada (FRANÇA; COELHO, 2001).

Nos estudos de Arantes (2011), a cultura de cártamo no sistema de plantio direto recebeu 300 kg/ha do fertilizante NPK 8-28-16. A produção de massa seca foi 12,4 t/ha, a de grãos foi de 2,9 t/ha e a produção de óleo foi de 0,7 t/ha.

Segundo Ciampitti e Garcia (2007), para a produção de 1000 kg de grãos de cártamo, houve exportação de 27 kg de N, 4 kg de P e 5 kg de K. Mündel *et al.* (2004) recomendam a aplicação de 50 kg/ha de N, 12 kg/ha de P₂O₅ e 38 kg/ha de K₂O para cada tonelada de grãos produzidos.

Rastgou, *et al.* (2013) realizaram experimento aplicando cinco doses de N cultura do cártamo, sendo 0, 50, 100, 150 e 200 kg/ha. Foi observado que o N tem papel importante relacionado com a produção de óleo dessa cultura. Primeiramente, verificou-se que houve aumento significativo do número de sementes e na quantidade total de óleo com a adubação nitrogenada na dose de 150 kg/ha. Porém, verificou-se que a porcentagem de óleo nas sementes reduziu na aplicação de 200 kg/ha. Malek e Ferri (2014), trabalhado com doses de 0 a 90 kg/ha de N também

verificaram que as doses influenciaram a produção de sementes e de massa seca da parte aérea (palhada) do cártamo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agronômico do Paraná, no município de Santa Tereza do Oeste - PR, entre as coordenadas 25° 04' 57,22" de latitude sul e 53° 35' 03,33" de longitude oeste e altitude média de 757 m. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, de textura muito argilosa.

Em dezembro de 2013 foi realizada a coleta de amostras do solo na área do experimento, na profundidade de 0-20 cm, para quantificar atributos químicos de solo. Os resultados das análises químicas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise química do solo em que o experimento foi conduzido. Santa Tereza do Oeste, PR, 2014

pH (CaCl ₂)	C g/dm ³	K ----- cmol _c /dm ³	Ca	Mg	Al -----	H+Al	V --- % ---	P mg/dm ³
4,59	30,23	0,62	4,99	2,82	0,50	9,14	47	10

Extrator: P e K (HCl 0,05 mol/L + H₂SO₄ mol/L); Al, Ca, Mg = (KCl 1 mol/L).

Foram avaliados dezoito genótipos de cártamo, em blocos casualizados com quatro repetições. Os genótipos avaliados foram CIPL 1302, CIPL 04407, CIPL 1301, CIPL 04406, PECL 100.3.P, PECL 95.1.L, PECL 91.4.P, PECL 8.2.L, PECL 93.3.P, PECL 98.1.P, PECL 93.4.P, PECL 14.2.L, PECL 70.1.P, PECL 9.2.L, PECL 81.2.L, PECL 81.1.L, PECL 81.3.P e PECL 54.1.P.

A parcela experimental foi composta por duas linhas de 4 m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,45 m, totalizando 3,6 m².

A semeadura foi realizada no mês de junho de 2014. Na semeadura foram aplicados 300 kg/ha do formulado NPK 04-30-10, fornecendo 12 kg/ha de N, 90 kg/ha de P₂O₅ e 30 kg/ha de K₂O. Aos 30 dias após a emergência foram aplicados 60 kg/ha de N e 66 kg/ha, utilizando-se o sulfato de amônio como fonte, aplicado a lanço, sem incorporação.

Os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades da cultura.

Durante a condução do experimento as precipitações pluviais, temperaturas máximas e mínimas foram avaliadas e são apresentadas na Figura 1.

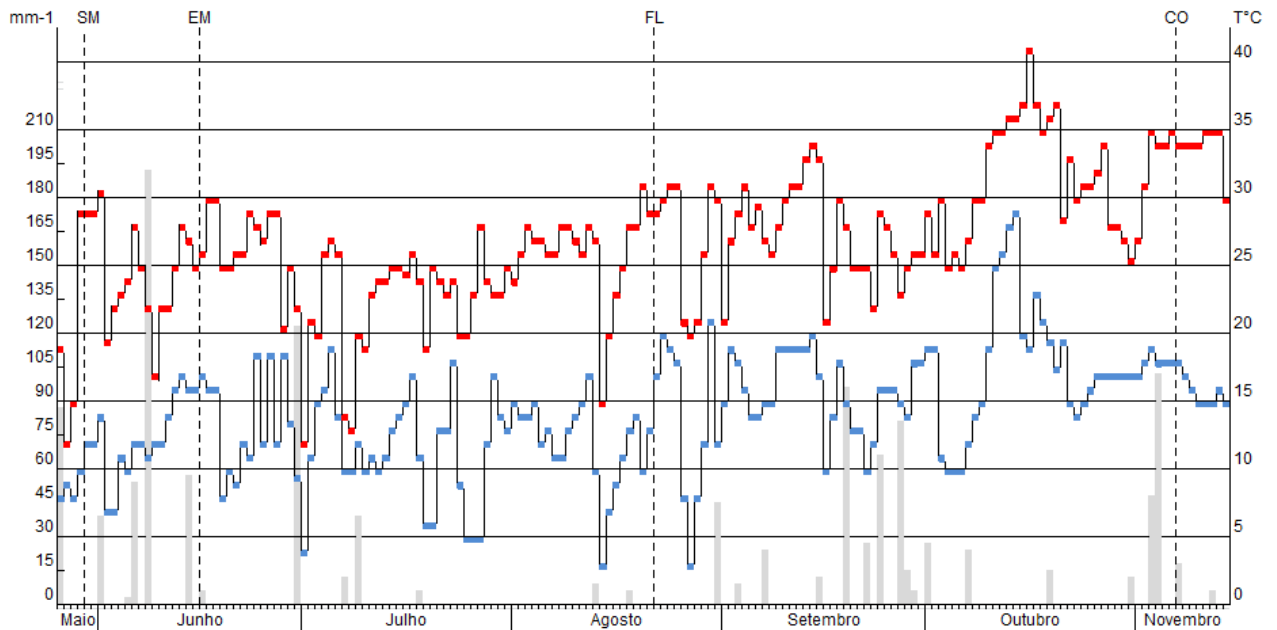


Figura 1 - Temperaturas máximas (vermelho) e mínimas (azul), e precipitação pluvial (barras) no período do experimento. A semeadura (SM) foi realizada em 29/05/2014, a emergência (EM) ocorreu em 15/06/2014, o florescimento (FL) em 21/08/2014 e a colheita (CO) em 06/11/2014.

As variáveis avaliadas foram altura das plantas, ciclo, produção de massa seca da palhada, produtividade de grãos e teor de óleo nos grãos. Também foram avaliados a extração e a exportação de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), bem como a eficiência na utilização desses nutrientes.

A altura das plantas foi determinada no dia da colheita e compreendeu a distância entre o solo e a extremidade das plantas.

O ciclo do cártamo foi determinado pelo período compreendido entre a emergência e a colheita.

Na colheita, as plantas foram cortadas na altura do solo. Para determinar a produtividade, as plantas foram trilhadas e os grãos recolhidos e encaminhados ao laboratório para beneficiamento, pesagem e determinação da umidade, posteriormente, foi calculada a produtividade (kg/ha) corrigida a 13% de umidade.

Após a colheita, a parte aérea das plantas (caule, folhas e frutos sem grãos) foi lavada com água destilada e seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até massa constante e subsequentemente pesada para determinação da produção de matéria seca da palhada. Em seguida, moída em moinho tipo Wiley, com peneira de malha 0,84 mm. Uma amostra de 300 g de grãos passou por procedimento idêntico.

A matéria seca moída da palhada e dos grãos foi mineralizada pela mistura nítrico-perclórica (3:1 v/v), determinando-se os teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; os teores de K foram determinados por fotometria de emissão de chama e os de P e S por colorimetria. Para determinar o teor de N, foi utilizado o método semimicro Kjeldahl, com mineralização das amostras com ácido sulfúrico.

A extração de nutrientes foi calculada pelo produto da massa de matéria seca da parte aérea pelo teor de nutrientes nela contido. A exportação de nutrientes foi calculada pelo produto da produtividade de grãos pelo teor de nutrientes nos grãos. A eficiência na utilização dos nutrientes foi obtida pela razão entre a produtividade dos grãos e a extração de nutrientes, sendo o resultado dado em kg de grãos/kg de nutriente extraído.

O teor de óleo foi determinado conforme a metodologia adaptada do Instituto Adolfo Lutz (2008), utilizando-se o extrator de óleo Soxhlet. Os grãos foram triturados em moinho analítico. Em seguida 5 g da amostra triturada foram pesadas com papel filtro e transferidas para o cartucho do aparelho extrator. Um balão de fundo chato foi acoplado ao extrator, sendo adicionados 150 mL do solvente orgânico hexano. A chapa aquecedora foi ligada a uma temperatura constante e a extração realizada de forma contínua por 6 h. Foram retirados os cartuchos, após a recuperação dos solventes e os balões com o óleo extraído foram colocados em estufa a 105 °C, mantidos por cerca de 1 h. Após esse período os balões foram retirados da estufa e colocados para resfriar em dessecador até atingirem a temperatura ambiente, em seguida foram pesados.

O cálculo do teor de óleo foi realizado através da fórmula:

$$\text{Teor de óleo} = \frac{p \cdot 100}{p'}$$

Onde:

p = massa de lipídeos extraídos, em gramas (peso do frasco vazio - peso do frasco com a amostra);

p' = massa da amostra, em gramas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o aplicativo Assistat (SILVA, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis foram influenciadas pelos genótipos de cártamo avaliados (Tabelas 3 a 10).

Tabela 3 - Altura, ciclo e massa seca da palhada de genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015

Genótipo	Altura ----- cm -----	Ciclo ---- dias ----	Massa seca da palhada ----- kg/ha -----
CIPL 1302	100,0 a	153,5 a	8633,3 b
CIPL 04407	100,0 a	152,0 a	7250,6 b
CIPL 1301	110,0 a	152,0 a	8156,1 b
CIPL 04406	85,0 b	155,0 a	10009,2 a
PECI 100.3.P	90,0 b	153,0 a	8729,5 b
PECI 95.1.L	90,0 b	154,0 a	9475,9 b
PECI 91.4.P	105,0 a	151,0 a	8137,3 b
PECI 8.2.L	97,5 a	153,5 a	8328,7 b
PECI 93.3.P	100,0 a	151,0 a	8278,6 b
PECI 98.1.P	92,5 b	154,0 a	9041,3 b
PECI 93.4.P	90,0 b	155,0 a	11443,8 a
PECI 14.2.L	105,0 a	146,0 b	9089,3 b
PECI 70.1.P	102,5 a	147,0 b	7633,9 b
PECI 9.2.L	97,5 a	149,0 b	7126,4 b
PECI 81.2.L	92,5 b	153,5 a	10697,0 a
PECI 81.1.L	92,5 b	152,5 a	11840,3 a
PECI 81.3.P	102,5 a	152,5 a	8789,3 b
PECI 54.1.P	92,5 b	153,5 a	11755,0 a
Média	97	152	9134
CV%	5,99	1,09	13,24

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste de Scott-Knott.

A altura das plantas variou entre 85 e 110 cm, com média geral de 96,94 cm (Tabela 3). Segundo Mündel *et al.* (2004), a altura do cártamo pode variar entre 30 a 150 cm. A altura das plantas encontrada nesse estudo está dentro da faixa encontrada por Zoz (2012) que, avaliando 22 genótipos, encontrou cártamos com altura entre 65,6 e 145,3 cm. Já Zoz (2015) encontrou variação de altura entre 68 e 88 cm, com média de 80,1 cm, quando avaliou 12 genótipos. Gerhardt (2014) encontrou o maior valor de 97 cm de altura em 16 genótipos avaliados. Ambrosano (2012) verificou valores de altura inferiores a 100 cm em trabalho realizado em Minas Gerais. Já Bellé *et. al.* (2012) verificaram maior altura média para a cultura do cártamo, sendo de 129,11 cm nas plantas cultivadas no inverno e 112,99 cm em

cultivo realizado no inverno. Esses valores estão um pouco acima dos encontrados neste trabalho. Essa variação de altura é devida ao genótipo e às condições edafoclimáticas, e de manejo da cultura durante a condução do experimento. A altura de plantas é uma característica de grande importância, especialmente, para regiões do Centro-Sul, onde os genótipos selecionados devem possuir arquitetura e altura de plantas que favoreçam a colheita mecanizada. A colheita do cártamo pode ser realizada com a utilização do mesmo maquinário empregado, por exemplo, na cultura da soja, necessitando apenas de algumas adaptações, segundo Silva (2013).

O ciclo do cártamo, ou seja, o período compreendido entre a emergência e a colheita, variou entre 146 e 155 dias, com média geral de 152 dias. Os genótipos PEGI 14.2.L, PEGI 70.1.P e PEGI 9.2.L apresentaram os menores ciclos sendo de 146, 147 e 149 dias, respectivamente. Os outros genótipos apresentaram ciclos de 151 a 155 dias (Tabela 3). Segundo Coronado (2010), dependendo do genótipo o ciclo pode variar de 137 a 190 dias. Cardoso, Granato e Zampar Júnior (2015) verificaram no experimento realizado em outono-inverno, na cidade de Londrina, região norte do Paraná, para o genótipo CIPL 04406 um ciclo de vida de 165 dias, maior do que o encontrado no presente trabalho. Rech (2012) avaliou cinco épocas de semeaduras do cártamo em Dourados - MS, com altitude de 430 m e solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico em 2010 e 2011, e verificou valores de ciclo entre 165 e 188 dias em 2010 e de 155 a 182 dias em 2011.

A produção de massa seca da palhada (kg/ha) variou de 7126,4 a 11840,3 kg/ha, com média geral de 9134,17 kg/ha. Os genótipos com maior produção, acima dos 10000 kg/ha, foram CIPL 04406, PEGI 93.4.P, PEGI 81.2.L, PEGI 81.1.L e PEGI54.1.P (Tabela 3). Silva (2013) avaliou 20 genótipos e verificou produção de massa seca da parte aérea variando de 2900 a 10367 kg/ha, com valor médio de 5443 kg/ha. Segundo o autor, essa característica é relevante no melhoramento genético quando se pretende selecionar genótipos para utilizá-los na alimentação animal.

A produtividade média de grãos variou entre 3668,8 e 5322,7 kg/ha, com média geral de 4531,8 kg/ha. Os genótipos CIPL 04406, PEGI 98.1.P, PEGI 93.4.P, PEGI 81.2.L, PEGI 81.1.L e PEGI 54.1.P, todos com produtividade próxima a 5000 kg/ha de grãos (Tabela 4). Estatisticamente, os resultados apresentaram três faixas de significância. A mais baixa, com seis genótipos, uma média com cinco e a mais alta,

com sete genótipos. Foi obtida alta produtividade, se comparada a encontrada por Arantes (2011) em Nova Odessa/SP, com produtividade média de 2900 kg/ha e por Zoz (2012), que encontrou em seu trabalho em Botucatu/SP, valores máximo de 1974,2 kg/ha de grãos.

Tabela 4 - Produtividade e teor de óleo de grãos de genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015

Genótipo	Produtividade (kg/ha)	Teor de óleo (%)
CIPL 1302	4626,2 b	27,8 a
CIPL 04407	4009,5 c	29,4 a
CIPL 1301	4136,0 c	24,9 b
CIPL 04406	4931,1 a	23,1 b
PECI 100.3.P	4466,5 b	25,5 b
PECI 95.1.L	4128,5 c	24,3 b
PECI 91.4.P	4718,4 a	24,7 b
PECI 8.2.L	4553,2 b	26,3 a
PECI 93.3.P	4162,1 c	26,8 a
PECI 98.1.P	4917,6 a	24,0 b
PECI 93.4.P	5322,7 a	26,1 a
PECI 14.2.L	4317,2 b	24,7 b
PECI 70.1.P	3668,8 c	29,0 a
PECI 9.2.L	3944,4 c	25,3 b
PECI 81.2.L	5075,2 a	28,3 a
PECI 81.1.L	5183,7 a	27,8 a
PECI 81.3.P	4463,6 b	25,0 b
PECI 54.1.P	4948,4 a	24,5 b
Média	4532	26
CV%	10,30	7,56

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste de Scott-Knott.

O teor de óleo nos grãos variou entre 23,1 a 29,4%, com média geral de 26%. Oito dos dezoito genótipos avaliados produziram grãos com mais de 26% de óleo (Tabela 4). Ambrosano (2012) e Arantes (2011) encontraram teores médios de óleo nos grãos do cártamo de 24,0 e 24,1%, respectivamente. Gerhardt (2014) encontrou valores que chegaram a 30,2%. Zoz (2015) verificou que o teor de óleo nos grãos do cártamo variou entre 29,3 e 39,5%, em doze genótipos, com média de 34,2%. Segundo Ekin (2005) e Silva (2013), além da produtividade, o teor de óleo é uma das características mais relevantes na cultura do cártamo, devendo ser buscadas cultivares com maiores teores de óleo nos programas de melhoramento, para atender as exigências do mercado. Coronado (2010) apresenta 22 cultivares de

cártamo indicadas para o México e todas apresentam teores de óleo superiores a 35%, e a que produz mais, 41,9 % de óleo.

Os genótipos diferiram nas quantidades extraídas de nutrientes e todos apresentaram a seguinte ordem de extração de macronutrientes: $N > K > Ca > P > Mg > S$ (Tabela 5). Foram extraídos pelo cártamo, em média, 250 kg/ha de N, 144 kg/ha de K, 99 kg/ha de Ca, 48 kg/ha de P, 38 kg/ha de Mg e 22 kg/ha de S. Ravi *et al.* (2008) verificaram ordem de extração de $N > K > S > P$, não apresentando dados relativos a Ca e Mg. Kumar *et al.* (2015), avaliando a extração de N, P, K, verificou que o cártamo extraiu mais K do que N, seguido pelo P. No entanto o solo em que o experimento foi conduzido possuía baixos teores de N e altos teores de K. Anicésio *et al.* (2015) observaram que o acúmulo de N nas plantas aumentou linearmente com a aplicação de doses desse elemento no solo, que variaram de 0 a 480 kg/ha de N.

A extração, exportação e exigências nutricionais de macronutrientes variaram em função do genótipo (Tabelas 5, 6 e 7). Segundo Borges *et al.* (2009) e Sanes *et al.* (2013), a variação nos parâmetros cinéticos de absorção de nutrientes e as diferenças morfológicas do sistema radicular fazem com que a absorção diferenciada de nutrientes por cultivares de uma mesma espécie seja bastante comum, conforme verificado por Erdal e Badar (2005) e Murthy (2006) na cultura do cártamo, por Jardini *et al.* (2014) na cultura do girassol e Ludwig *et al.* (2013), na cultura da gérbera, duas espécies da família Asteraceae, como o cártamo, e por Zanão Júnior *et al.* (2014) na cultura da rosa.

A extração de N diferiu estatisticamente entre os genótipos (Tabela 5). A extração média de N foi de 250 kg/ha, variando de 193 kg/ha (genótipo PECl 70.1.P) a 336 kg/ha (genótipo PECl 93.4.P). Com extrações intermediárias, identificaram-se estatisticamente dois grupos de genótipos: CIPL 1302, CIPL 04406, PECl 8.2.L, PECl 98.1.P, PECl 81.2.L, PECl 81.1.L e PECl 54.1.P, que acumularam na parte aérea de 257 a 288 kg/ha de N e o grupo formado por CIPL 1301, PECl 100.3.P, PECl 95.1.L, PECl 91.4.P, PECl 93.3.P, PECl 14.2.L e PECl 81.3.P, com acúmulo de 223 a 242 kg/ha de N. As menores extrações de N foram observadas em PECl 70.1.P, PECl 9.2.L e CIPL 04407, sendo 193, 200 e 205 kg/ha de N, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 - Extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015

Genótipo	N	P	K	Ca	Mg	S
----- kg/ha-----						
CIPL 1302	261 b	47 b	138 c	99 b	38 b	22 b
CIPL 04407	205 d	40 b	101 d	65 c	29 c	17 b
CIPL 1301	223 c	45 b	141 c	83 b	34 b	20 b
CIPL 04406	283 b	57 a	169 b	127 a	46 a	27 a
PECI 100.3.P	232 c	41 b	138 c	97 b	36 b	21 b
PECI 95.1.L	242 c	41 b	166 b	110 a	37 b	24 a
PECI 91.4.P	234 c	48 b	118 d	90 b	38 b	21 b
PECI 8.2.L	257 b	48 b	125 c	102 b	38 b	23 a
PECI 93.3.P	224 c	42 b	125 c	77 c	32 c	19 b
PECI 98.1.P	280 b	52 a	158 b	120 a	40 a	26 a
PECI 93.4.P	336 a	60 a	208 a	124 a	51 a	29 a
PECI 14.2.L	232 c	49 b	129 c	91 b	37 b	21 b
PECI 70.1.P	193 d	41 b	112 d	77 c	30 c	17 b
PECI 9.2.L	200 d	38 b	105 d	76 c	28 c	17 b
PECI 81.2.L	288 b	53 a	142 c	114 a	44 a	25 a
PECI 81.1.L	288 b	50 b	179 b	133 a	46 a	26 a
PECI 81.3.P	229 c	48 b	129 c	86 b	36 b	19 b
PECI 54.1.P	286 b	61 a	213 a	117 a	42 a	25 a
Média	250	48	144	99	38	22
CV%	6,28	12,64	9,30	9,54	12,36	12,82

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste de Scott-Knott.

Para a extração de P foram verificados valores entre 40 kg/ha (genótipo CIPL 04407) e 61 kg/ha (genótipo PECI 54.1.P), com média geral de extração de 48 kg/ha (Tabela 5). Os genótipos CIPL 04406, PECI 98.1.P, PECI 93.4.P, PECI 81.2.L PECI 54.1.P foram os que mais extraíram, variando de 52 a 61 kg/ha e demais acumularam menos e não diferiram estatisticamente entre si, e o acúmulo de P desse grupo variou de 40 a 50 kg/ha. Singh & Singh (1980) verificaram extração de 40 kg/ha de P pela cultura do cártamo. Já Kumar *et al.* (2015) verificaram que o cártamo extraiu 18 kg/ka de P em um solo com teores médios de P e Shillode *et al.* (2016), verificaram extração de 17 kg/ha de P.

No que diz respeito à extração de K, constatou-se que as os genótipos PECI 54.1.P e PECI 93.4.P acumularam as maiores quantidades desse nutriente e não diferiram estatisticamente entre si, sendo 208 e 213 kg/ha de K, respectivamente (Tabela 5). Estatisticamente foram verificados mais três grupos, sendo dois intermediários, formado por quatro genótipos (CIPL 04406, PECI 95.1.L e PECI 98.1.P e PECI 81.1.L), outro grupo formado por oito genótipos (PECI 8.2.L, PECI

93.3.P, PECI 14.2.L, PECI 81.3.P, CIPL 1302, PECI 100.3.P, CIPL 1301 e PECI 81.2.L) e quatro genótipos (CIPL 04407, PECI 9.2.L, PECI 70.1.P e PECI 91.4.P) formando um grupo com menor extração, variando de 101 a 118 kg/ha de K. A extração média de K foi de 144 kg/ha (Tabela 5). Ravi *et al.* (2008) e Kumar *et al.* (2015) verificaram extração de K pelo cártamo da ordem de 66 e 75 kg/ha, respectivamente. Essa diferença evidencia comportamento diferente na extração de K, dependendo principalmente do solo e da produtividade. Esses autores obtiveram produtividades de cártamo bem inferiores às encontradas no presente trabalho e em solos de baixa fertilidade.

A extração de Ca variou de 65 kg/ha, menor valor para o genótipo CIPL 04407, até 133 kg/ha, maior valor encontrado para o genótipo PECI 81.1.L (Tabela 5). Os genótipos PECI 95.1.L, PECI 81.2.L, PECI 54.1.P, PECI 98.1.P, PECI 93.4.P, CIPL 04406 e PECI 81.1.L acumularam as maiores quantidades de Ca, não diferindo estatisticamente entre si e com acúmulos que variaram de 110 a 133 kg/ha de Ca. Os genótipos CIPL 04407, PECI 9.2.L, PECI 93.3.P e PECI 70.1.P extraíram as menores quantidades de Ca, variando de 65 a 77 kg/ha. Em média, o acúmulo de Ca na parte aérea dos genótipos foi de 99 kg/ha de Ca. Zobiolo *et al.* (2010) verificaram extração de 116 kg/ha de Ca pelo girassol. Em cártamo, Vafaie *et al.* (2013), mostraram que a extração de Ca aumentou conforme aumento da dose de K aplicada e diminuiu com o aumento da dose de adubação com Mg, no entanto, os autores apresentaram somente os teores de Ca na parte aérea, não informando a extração de K pelas plantas.

Quanto à extração de Mg, os genótipos PECI 93.4.P, CIPL 04406, PECI 81.1.L, PECI 81.2.L, PECI 54.1.P e PECI 98.1.P não diferiram estatisticamente entre si e extraíram as maiores quantidades desse macronutriente, variando de 40 a 51 kg/ha (Tabela 5). Os genótipos PECI 93.3.P, PECI 70.1.P, CIPL 04407 e PECI 9.2.L acumularam menos Mg na parte aérea, com quantidades que variaram de 28 a 32 kg/ha e não diferiram estatisticamente entre si. Com extrações intermediárias foi identificado um grupo formado pelos oito outros genótipos, que acumularam entre 34 e 38 kg/ha de Mg. Não foram encontrados dados relativos à exportação de Mg em outros experimentos conduzidos com cártamo. Zobiolo *et al.* (2010) verificaram extração de 42 kg/ha de Mg pelo girassol, cultura oleaginosa mais próxima ao cártamo.

Analisando-se a extração de S pelos genótipos de cártamo, estatisticamente, foram verificados dois grupos. O primeiro grupo formado pelos genótipos PECEI 93.4.P, CIPL 04406, PECEI 98.1.P, PECEI 81.1.L, PECEI 81.2.L, PECEI 54.1.P, PECEI 95.1.L e PECEI 8.2.L que extraíram maiores quantidades de S que o outro grupo, não diferindo estatisticamente entre si e acumularam entre 23 a 29 kg/ha desse nutriente. O outro grupo, formado pelos outros dez genótipos, acumulou menores quantidades de S, variando de 17 a 22 kg/ha. A extração média de S pelo cártamo foi de 22 kg/ha de S. Ravi *et al.* (2008) verificaram extração de S pelo cártamo na ordem de 12 kg/ha, no entanto, obteve baixa produtividade de grãos.

Os genótipos diferiram nas quantidades exportadas de nutrientes e todos apresentaram a seguinte ordem de extração de macronutrientes: $N > P > K > Mg > S > Ca$ (Tabela 6). Essa mesma ordem de extração também foi encontrada por Zobiole *et al.* (2010) na cultura do girassol. Em média, a cultura do cártamo exportou 168 kg/ha de N, 37 kg/ha de P, 27 kg/ha de K, 8 kg/ha de Ca, 19 kg/ha de Mg e 12 kg/ha de S, para uma produtividade média de 4532 kg/ha de grãos. Kumar *et al.* (2015) verificaram exportação de 20 kg/ha de N, 10 kg/ha de P e 30 kg/ha de K, com produtividade de 1295 kg/ha de grãos. Nikolova, Valeva e Stamenov (2009), verificaram que houve exportação de 50 kg/ha de N, 12 kg/ha de P e 30 kg/ha de K a cada 1000 kg/ha de grãos de cártamo produzidos. Rastgou (2013) observou valores de exportação de Ca entre 11,2 e 15,7 kg/t de grãos. A diferença de capacidade de extração depende do genótipo avaliado, dos teores dos nutrientes no solo e adubação e também, da produtividade de grãos obtida.

Constatou-se que os genótipos PECEI 93.4.P, PECEI 98.1.P, PECEI 81.1.L, PECEI 81.2.L, CIPL 04406, CIPL 1302, PECEI 8.2.L, PECEI 54.1.P exportaram as maiores quantidades de N, P, K, Mg e S e não diferiram estatisticamente entre si. Os outros dez genótipos exportaram as menores quantidades desses nutrientes e também não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 6). Não houve diferença entre os genótipos avaliados em relação à exportação de Ca. A exportação de N variou de 132 a 222 kg/ha, a de P de 31 a 44 kg/ha, a de K de 24 a 33 kg/ha, a de Ca de 6 a 9 kg/ha, a de Mg de 16 a 25 kg/ha e a de S, de 9 a 14 kg/ha.

Tabela 6 - Exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015

Genótipo	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg/ha-----					
CIPL 1302	180 a	37 a	29 a	7 a	19 a	13 a
CIPL 04407	154 b	33 b	25 b	6 a	17 b	10b
CIPL 1301	147 b	35 b	26 b	7 a	18b	10 b
CIPL 04406	181 a	45 a	35 a	9 a	25 a	14 a
PECI 100.3.P	158 b	34 b	25 b	7 a	18 b	11 b
PECI 95.1.L	148 b	31 b	26 b	7 a	17 b	11 b
PECI 91.4.P	169b	40 b	27 b	8 a	18 b	11 b
PECI 8.2.L	179 a	39 a	28 b	7 a	20 a	13 a
PECI 93.3.P	154 b	34 b	26 b	7 a	18 b	10 b
PECI 98.1.P	194 a	42 a	33 a	9 a	23 a	14 a
PECI 93.4.P	222 a	44 a	33 a	8 a	23 a	14 a
PECI 14.2.L	156 b	35 b	27 b	8 a	18 b	11 b
PECI 70.1.P	132 b	31 b	24 b	7 a	16 b	9 b
PECI 9.2.L	143 b	32 b	23 b	7 a	16 b	10 b
PECI 81.2.L	184 a	43 a	31 a	8 a	22 a	13 a
PECI 81.1.L	185 a	39 a	32 a	9 a	21 a	13 a
PECI 81.3.P	164 b	38 b	27 b	7 a	19 b	11 b
PECI 54.1.P	176 a	41 a	33 a	9 a	20 a	13 a
Média	168	37	27	8	19	12
CV%	13,75	12,28	12,17	9,26	12,27	12,76

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste de Scott-Knott.

A exportação representa a quantidade de nutrientes que é acumulada nos grãos. Sendo assim, a exportação representa uma perda de nutrientes através dos grãos colhidos, que deve ser reposta em adubações futuras. A exportação de nutrientes em relação à absorção total, acumulada na parte aérea da planta, ocorreu nas seguintes porcentagens: N = 67%; P = 77%; K = 19%; Ca = 8%; Mg = 50% e S = 54% (Tabelas 5 e 6). Admitindo-se então a permanência dos restos culturais no campo, como ocorre quando se realiza colheita mecanizada, as taxas de possível retorno de nutrientes ao solo ocorrem nas porcentagens médias de N = 33%, P = 23%, K = 81%, Ca = 92%, Mg = 50% e S = 46%.

Maiores porcentagens de N e P nos grãos, em detrimento de caule e folhas podem ser explicadas pela alta mobilidade desses nutrientes na planta e pela necessidade desses elementos para produção de lipídeos e proteínas. Zobiolo *et al.* (2010) também verificaram alta mobilização de N e P para os aquênios de girassol. Crusciol *et al.* (2012) também verificaram o mesmo na cultura da mamona, assim como Mauad *et al.* (2015) na cultura do niger (*Guizotia abyssinica*), uma oleaginosa

da família *Asteraceae*, como o cártamo. Em oleaginosas o N determina o equilíbrio nos teores de proteínas acumuladas e produção de óleo por causa de sua influência no metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes, segundo Castro *et al.* (1999). No caso do P, Faquin (1994) afirma que o aumento das doses de P comumente favorece o conteúdo de lipídeos nas sementes. Almeida Júnior *et al.* (2009) observaram aumento no teor de óleo nas sementes de mamona em resposta a aplicação de doses de P. Segundo Penning de Vries (1974), as oleaginosas necessitam de mais P, pois a produção de lipídeos requer maior quantidade desse nutriente que a produção de carboidratos.

A baixa exportação de Ca pelo cártamo, cerca de apenas 10%, também foi verificado por Feitosa *et al.* (1993), Zobiolo *et al.* (2010) e Mauad *et al.* (2015) para as culturas do amendoim, girassol e niger, respectivamente. Segundo Marschner (1995) e Maathuis (2009), o Ca apresenta baixa mobilidade no floema não permitindo sua redistribuição na planta, diminuindo sua translocação para frutos e órgãos de armazenamento.

No caso do K, aproximadamente 80% do total acumulado pode voltar ao solo através dos restos culturais, pois a exportação desse nutriente através dos grãos pelo cártamo ocorre em uma taxa de apenas 20%. Essa baixa exportação relativa de K também foi verificada por Zobiolo *et al.* (2010) na cultura do girassol. Eles relatam que a redistribuição do K no girassol ocorre preferencialmente para o caule e para os capítulos não para os aquênios. Nesse caso, a inserção do cártamo no sistema de produção, como opção de rotação de culturas pode permitir reciclagem de K.

A eficiência na utilização de nutrientes foi avaliada pela quantidade de grãos produzidos por cada kg de nutriente utilizado. Avaliando-se a eficiência dos genótipos de cártamo na utilização de N, verificou-se que PECI 91.4.P, PECI 9.2.L, CIPL 04407, PECI 81.3.P, PECI 100.3.P, PECI 70.1.P, PECI 93.3.P, PECI 14.2.L e CIPL 1301 foram os mais eficientes, sendo produzidos de 18,5 a 20,2 kg de grãos para cada kg de N extraído (Tabela 7). No entanto, os genótipos mais eficientes na utilização do N não foram os mais produtivos (Tabela 4). Isso evidencia que possuem menor exigência de N.

Tabela 7 - Eficiência na utilização de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre de genótipos de cártamo na região Oeste do Paraná. Santa Tereza do Oeste, 2015

Genótipo	N	P	K	Ca	Mg	S
----- kg grãos/kg nutriente -----						
CIPL 1302	17,7 b	98,4 b	33,5 b	46,7 b	121,7 b	210,3 b
CIPL 04407	19,6 a	115,7 a	45,8 a	71,2 a	159,5 a	272,1 a
CIPL 1301	18,5 a	102,8 a	32,8 b	55,7 a	136,1 a	231,3 a
CIPL 04406	17,4 b	81,2 c	27,4 b	36,4 b	100,6 b	171,3 b
PECI 100.3.P	19,3 a	112,8 a	33,5 b	47,7 a	128,5 a	220,3 a
PECI 95.1.L	17,1 b	112,8 a	27,9 b	42,1 b	125,0 a	192,8 b
PECI 91.4.P	20,2 a	96,4 b	39,2 a	51,4 a	121,7 b	220,3 a
PECI 8.2.L	17,7 b	96,4 b	37,0 b	45,4 b	121,7 b	201,1 b
PECI 93.3.P	18,6 a	110,1 a	37,0 b	60,1 a	144,6 a	243,5 a
PECI 98.1.P	17,6 b	90,0 b	30,4 b	38,6 b	115,7 b	177,9 b
PECI 93.4.P	15,8 b	77,1 c	22,2 c	37,3 b	90,7 b	159,5 b
PECI 14.2.L	18,6 a	94,4 b	35,9 b	50,8 a	125,0 a	220,3 a
PECI 70.1.P	19,0 a	112,8 a	41,3 a	60,1 a	154,2 a	272,1 a
PECI 9.2.L	19,7 a	121,7 a	44,1 a	60,9 a	165,2 a	272,1 a
PECI 81.2.L	17,6 b	87,3 b	32,6 b	40,6 b	105,1 b	185,0 b
PECI 81.1.L	18,0 b	92,5 a	25,8 c	34,8 b	100,6 b	177,9 b
PECI 81.3.P	19,5 a	96,4 a	35,9 b	53,8 a	128,5 a	243,5 a
PECI 54.1.P	17,3 b	75,8 c	21,7 c	39,5 b	110,1 b	185,0 b
Média	18,3	98,5	33,6	48,5	125,3	214,3
CV%	13,28	12,64	9,30	9,54	12,36	12,82

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste de Scott-Knott.

Quanto à eficiência na utilização de P, os genótipos PECI 9.2.L, PECI 93.3.P, PECI 70.1.P, PECI 95.1.L, PECI 100.3.P e CIPL 04407 apresentaram a maior eficiência, variando de 103 a 122 kg de grãos produzidos para kg desse macronutriente extraído do solo (Tabela 7). A menor eficiência na utilização do P foi observada nos genótipos CIPL 04406, PECI 93.4.P e PECI 54.1.P, que também foram três dos mais produtivos. Dessa forma, esses três genótipos são mais exigentes em adubação fosfatada para obtenção de altas produtividades que os outros genótipos.

Os genótipos CIPL 04407, PECI 91.4.P, PECI 70.1.P e PECI 9.2.L apresentaram as maiores eficiências na utilização do K, com média de 43 kg de grãos/kg de K e PECI 95.1.L, CIPL 04406, PECI 81.1.L, PECI 93.4.P e PECI 54.1.P os genótipos que apresentaram a menor eficiência de utilização, com média de 25 kg de grãos/kg de K (Tabela 7).

Na verificação da eficiência de Ca, observou-se que os genótipos CIPL 04407, PEGI 9.2.L, PEGI 93.3.P e PEGI 70.1.P apresentaram valores superiores a 60,0 kg grãos/kg nutriente (maior eficiência), chegando a 71,2 kg grãos/kg de Ca. Já os genótipos que apresentaram menores valores foram: PEGI 54.1.P, PEGI 98.1.P, PEGI 93.4.P, CIPL 04406, PEGI 81.1.L todos com valores abaixo de 40,0 kg grãos/kg de Ca (Tabela 7).

Para a eficiência de Mg foi verificado que os genótipos PEGI 9.2.L, CIPL 04407, PEGI 70.1.P e PEGI 93.3.P apresentaram valores mais elevados, enquanto os genótipos PEGI 98.1.P, PEGI 81.1.L, CIPL 04406 e PEGI 93.4.P apresentaram os menores valores, sendo os menos eficientes na utilização do Mg.

No caso da eficiência da utilização do S, os genótipos CIPL 04407, PEGI 70.1.P, PEGI 9.2.L, PEGI 93.3.P e PEGI 81.3.P apresentaram valores entre 272,1 e 243,5 kg grãos/kg de S, sendo os de maior eficiência. Os genótipos PEGI 81.1.L, PEGI 98.1.P, CIPL 04406 e PEGI 93.4.P apresentaram os valores mais baixos, não passando de 177,9 kg grãos/kg de S. (Tabela 7).

De uma maneira geral, os genótipos que apresentaram maiores produtividades, 5014 kg/ha em média, são menos eficientes na utilização dos nutrientes e os que apresentaram menores produtividades, 4416 kg/ha em média, mostraram-se mais eficientes na utilização dos nutrientes. Assim, a escolha do genótipo deve se basear nessas informações. Se for utilizar maior quantidade de fertilizantes para obtenção de maiores produtividades, devem ser escolhidos genótipos do primeiro grupo. Se os recursos forem mais limitados, devem ser escolhidos genótipos do segundo grupo. Houve um grupo formado pelos genótipos PEGI 100.3.P, PEGI 81.3.P e PEGI 14.2.L, que apresentaram produtividades intermediárias, variando de 3669 a 4162 kg/ha, mas que apresentam, de maneira geral, maior eficiência na utilização da maioria dos nutrientes.

5. CONCLUSÃO

Na região Oeste paranaense o ciclo médio do cártamo foi de 152 dias, com produção de 9134,2 kg/ha de palhada e 4531,8 kg/ha de grãos, com teor de óleo de 26%, dependendo do genótipo utilizado.

A extração de nutrientes pelos genótipos de cártamo apresentou a ordem $N > K > Ca > P > Mg > S$, com média respectiva de 250, 144, 99, 48, 38 e 22 kg/ha, respectivamente.

Os genótipos diferiram nas quantidades exportadas de nutrientes e apresentaram a seguinte ordem de extração de macronutrientes: $N > P > K > Mg > S > Ca$. Foram exportados em kg/ha, 168 de N, 37 de P, 27 de K, 8 de Ca, 19 de Mg e 12 de S, para uma produtividade média de 4532 kg/ha de grãos.

Quanto à mobilização de nutrientes extraídos para os grãos, houve grande de N e P, média de Mg e S e baixa para K e Ca.

Os genótipos que apresentaram maiores produtividades (PECI 93.4.P, PECI 81.1.L, PECI 81.2.L, PECI 54.1.L, CIPL 04406, PECI 98.1.P e PECI 91.4.P), 5014 kg/ha em média, são menos eficientes na utilização dos nutrientes e os que apresentaram menores produtividades (PECI 93.3.L, CIPL 04407, CIPL 1301, PECI 95.1.L, PECI 9.2.L e PECI 70.1.P), 4008 kg/ha em média, mostraram-se mais eficientes na utilização dos nutrientes.

Os genótipos CIPL 1302, PECI 8.2.L, PECI 100.3.P, PECI 81.3.P e PECI 14.2.L, apresentaram produtividades intermediárias, variando de 4626 a 4317 kg/ha, com maior eficiência na utilização da maioria dos nutrientes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUD, H. F.; REIS, R. G. E.; INNECCO, R.; BEZERRA, A. M. E. Emergência e desenvolvimento de plântulas de cártamo em função do tamanho das sementes. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 95-99, 2010.

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

AMBROSANO, L. **Avaliação de plantas oleaginosas potenciais para cultivo de safrinha**. 2012, 81 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

ANICÉSIO, E. C. A.; SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; KOETZ M. Dry mass, nutrient concentration and accumulation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) influenced by nitrogen and potassium fertilizations. **Australian journal of crop science**. v. 9, n. 12, p. 552-560, 2015.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Bicomcombustíveis. **Biodiesel - Introdução**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=46827&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1319417555121>> Acessado em 28/12/2014.

ARANTES, A. M. **Cártamo (*Carthamus tinctorium* L.) produção de biomassa, grãos, óleo e avaliação nutritiva da silagem**. 2011. 34 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Zootecnia – APTA/SAA, Nova Odessa, 2011.

BELLÉ, R. A.; ROCHA, E. K.; BACKES, F. A. A. L.; NEUHAUS, M.; SCHWAG, N. T. Safflower grown in different sowing dates and plant densities. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2145-2152, 2012.

BOIRAL, O. Environnement et économie: une relation équivoque. **Vertigo – La revue électronique en sciences de l'environnement [Online]**, v.5, n.2, Disponível em: <<http://vertigo.revues.org/3386>; DOI: 10.4000/vertigo.3386> Acessado em 23/12/2014.

BORGES, E.A.; LOSS, A.; SILVA, E.E.; SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Cinética de absorção de amônio e efluxo de prótons em variedades de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, p. 513-526, 2009.

BRASIL, Lei nº 9478, de 6 de agosto de 1997. Lei do petróleo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 ago. 1997. Disponível em: <<http://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:federal:lei:1997-08-06;9478>> Acessado em: 02/08/2015.

CARDOSO, P. C., GRANATO J. A., ZAMPAR JÚNIOR. H., **Características fitotécnicas de culturas agroenergéticas de outono-inverno, cultivadas em sistema de rotação e sucessão, na safra 2014**. WORKSHOP, IX, Ribeirão Preto. 2015. Disponível em: <

http://www.infobibos.com/agroenergia/cd/Resumos/ResumoAgroenergia_2015_026.pdf> Acessado em 01/10/2015.

CARNEIRO, M. P. G. **Avaliação económica da biomassa para a produção de energia**. Escola de Engenharia – Departamento de produção e sistemas. Universidade de Minho. Braga. Portugal. 2010. 180 p.

CASTRO, C.; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; SFREDO, G. J. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 827 – 833, 1999.

CATTANÊO, A. J. **Tratamento de sementes na cultura do crambe**. 2014. 50 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

CIAMPITTI, I. A., GARCIA, F. O. **Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundários: I. cereales, oleaginosos e industriales**. IPNI. Archivo Agronómico, n° 11, p. 13-16. Georgia, 2007.

CORONADO, L. M. **El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México**. Ciudad Obregon: SGI, 2010. 96p.

CRUSCIOL, C. A. C.; NASCIMENTO, M. S.; FERNANDES, A. M.; ZANOTTO, M. D. Extração e exportação de nutrientes pelo híbrido de mamona Savana: I – Macronutrientes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 2619 – 2636, 2012.

CUNHA, I. **Fontes energéticas**. Disponível em: < <http://bellacunha.zip.net/> > Acesso em: 20/12/2014.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. **Balanço de nutrientes na agricultura brasileira**. Informações agronômicas, IPNI, n° 130, Piracicaba, 2010.

COELHO, A. M. – Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de produção**, 2 – Versão eletrônica – 4 ed. 2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/adubacao.htm> Acessado em: 08/06/2015.

DAFF. Department of agriculture, Forestry and Fisheries. Growing safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Disponível em: < <http://www.nda.agric.za/docs/Infopaks/safflower.pdf> > Acessado em: 10/06/2015.

DAJUE, L; MÜNDEL, H. H. **Safflower (*Cartamus tinctorius* L.) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crop**. IPGRI: International Plant Genetic Resource Institute. Rome, 1996. 81 p.

EKIN, Z. Resurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: A global view. **Journal of Agronomy**, Faisalabad, v. 4, n. 2, p. 83-87, 2005.

ERDAL, I.; BAYDAR, H. Deviations of some nutrient concentrations in different parts of safflower cultivars during growth stages. **Pakistan journal of botany**. Karachi, v. 37, p. 601 – 611, 2005.

EXXONMOBIL. 2012 – **Panorama Energético: Perspectiva para 2040**. Disponível em <http://exxonmobil.com.br/Brazil-Portuguese/PA/Files/Panorama_Energetico_Perspectivas2040.pdf> Acessado em: 20/06/2015.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral das plantas**. ESAL/FAEPE, Lavras, 1994, 177p.

FEITOSA, C.T.; NOGUEIRA, S.S.S.; GELIN, M.A.N.; RODRIGUES FILHO, M.A.N. Avaliação do crescimento e da utilização de nutrientes pelo amendoim. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.50, n.3, p.427-437, 1993.

FRANÇA, G. E.; COELHO, A. M. Adubação do milho para silagem. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.53-83.

FREIRE, F. C. O. **Alternaria helianthi associada a folhas de cártamo no estado do Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. 2 p. Comunicado técnico, 141.

FORNASARI, C. H. **Otimização da extração de óleo por solventes e secagem em espécies vegetais com potencial energético**. 2014. 24 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

GARCIA, J. R.; COSTA, A. D. Desafios para a inserção do Estado do Paraná na cadeia produtiva do biodiesel. **Informe Gepec**, Toledo, v. 15, n. 1, p. 6-24, 2011.

GERHARDT, I. F. S. **Divergência genética entre acesso de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)**. 2014. 35 p. Dissertação (Mestrado), Faculdade agrônômica UNESP, Botucatu, 2014.

GIRARDI, L. B.; LAZAROTTO, M.; DURIGON, M. R.; PEDROSO, D. C.; MÜLLER, J.; MUNIZ, M. F. B. Envelhecimento acelerado em sementes de cártamo. **Revista da FZVA**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 43-54, 2013.

GOLKAR, P.; ARZANI, A.; REZAEI, A. M., Genetic analysis of oil content and fatty acid composition in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Journal of the American oil chemists' society**, Urbana, v. 88, n. 7, p. 975-982, 2011.

GUERRA, E. P.; FUCHS, W. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Revista Acadêmica Ciência Agrária e Ambiental**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 103-112, 2010.

HERDRICH, N. **Safflower Production Tips**. Washington State University Cooperative Extension-USA, 2001. 16p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed. [1ª ed. digital]. São Paulo (SP): Instituto Adolfo Lutz; 2008. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=7&func=select&orderby=1&Itemid=7].

JARDINI, D. C.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; WEBER, O. L. S.; BORBA FILHO, A. B.; FERNANDES, D. A. Absorção de nutrientes em genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 44, p. 434 – 442, 2014.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHU M. J. **Sistemática vegetal: Um enfoque filogenético**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 508-515.

KAFFKA, S.R., T. E. KEARNEY, P.D. KNOWLES, P.D., AND MILLAR, M.D. 2000. **Safflower production in California**. Disponível em: <<http://agric.ucdavis.edu/crops/oilseed/safflower.htm>> Acessado em: 02 janeiro, 2016.

KLISIEWICZ, J. M. **Common names of plant diseases, 1993**. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/online/common/names/safflower.asp>> Acessado em: 29 dezembro, 2014.

KUMAR, K.; VANI, K. P.; SRINIVAS, A.; SURENDRABABU P. Growth, yield and nutriente uptake of safflower as influenced by inm under irrigation and rainfed planting. **International journal of scientific research**, Nagpur, 2015, v. 4, p. 162 – 164.

LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; GUERRERO, A. C.; VILLAS BOAS, R. L. Absorção de nutrientes em cultivares de gérbera cultivada em vaso. **Horticultura brasileira**. Brasília, v. 31, p. 622 – 627, 2013.

MAATHUIS, F. J. M. Physiological functions of mineral macronutrients. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, p. 150 – 158, 2009.

MALEK, A. H.; FERRI, F. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on safflower yield in dry lands condition. **International Journal of Research in Agricultural Sciences**. Bhopal, v. 1, n. 1, p. 28-33, 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, San Diego, 1995. 889 p.

MAUAD, M.; GARCIA, R. A.; SILVA, R. M. M. F.; SILVA, T. A. F.; SCHROEDER, I. M.; KNUDSEN, C. H.; QUARESMA, E. V. W. Produção de matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de Niger. **Revista Brasileira de ciências do solo**, Viçosa, v. 39, p. 533 – 540, 2015.

MEDEIROS, P. T. **Viabilidade técnica do biodiesel metílico do óleo de duas variedades de *Carthamus tinctorius* L. como substituto do diesel de petróleo**.

2011. 88 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2011.

MÜNDEL, H. H; BERGMAN, J. W. **Safflower**. In: VOLLMANN, J; RAJCAN, J.W. Handbook of plant breeding: Oil Crops, 2009. p. 422-447.

MÜNDEL, H. H.; BLACKSHOW, R. E.; BYERS, J.R; HUANG, H. C.; JOHNSON, D. L.; KEON, R. **Safflower production on the Canadian Prairies**. Lethbridge, Canada, 2004. 43 p.

MURTHY, I. Y. L. N. Effect of phosphorus levels on phosphorus, potassium, calcium and magnesium content and seed yield of sallower genotypes. **Agropedology**. Nagpur, v. 16, p. 54 – 59, 2006.

NIKOLOVA, M.; VALEVA, N.; STAMENOV, J. **Nutrient consumption of some non-nutrient energy crops**. University of Forestry – Agronomy faculty. 2009. Disponível em < http://www.ipipotash.org/udocs/Nutrient_consumption_of_some_non-traditional_energy_crops_paper.pdf>. Acessado em 11/01/2016.

OELKE, E. A.; OPLINGER, E. S.; TEYNOR, T. M.; PUTNAM, D. H.; DOLL, J. D.; KELLING, K. A.; DURGAN B. R.; NOETZEL, D. M. **Alternative field crops manual: Safflower**. Universidade of Minnesota. 1992. Disponível em <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>>. Acessado em 29/12/2014.

PARIZOTTO, R. R. **Instalação e avaliação de um sistema de bombeamento d'água com aerogerador de pequeno porte para propriedades rurais, na cidade de Cascavel - PR**. 2014. 54 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

PENNING DE VRIES, F. W. T. Substrate utilization and respiration in relation to growth and maintenance in higher plants. **Netherlands journal of agricultural sciences**, v. 2, p. 40 – 44, 1974.

PONTIM, B. C. Á., **Controle de patógenos associados às sementes de canola, cártamo, colza e crambe**. 2011. 41 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2011.

POSSENTI, R. A.; PAULINO, V. T. Composição da torta de cártamo (*Carthamus tinctorium* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e perfil de ácidos graxos dos óleos extraídos. In. REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2010.

RASTGOU, B.; EBADI, A.; VAFAIE, A.; MOGHADAM, S. H. The effects of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, physiological traits and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **International Journal of Agronomy & Plant Production**, Ankara, v. 4, n. 3, p. 355-364, 2013.

RAVI, S.; CHANNAL, H. T.; HEBSUR, N.S.; PATIL, B. N.; DHARMATTI, P. R. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutriente uptake and quality of

safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Karnataka Journal of Agricultural sciences**, Karnataka, v. 21, n. 3, p. 382-385, 2008.

RECH, J. **Desempenho agrônômico do cártamo (*carthamus tinctorius* L.) Em função da época de Semeadura e do controle químico da Mancha de alternaria.** 2012. 59 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012.

SANES, F. S. M.; CASTILHOS, R. M. V.; SCIVITTARO, W. B.; VAHL, L. C.; MORAIS, J. R. Morfologia de raízes e cinética de absorção de potássio em genótipos de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, Viçosa, v. 37, p. 688-697, 2013.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macro e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 563-568, 2006.

SCHUTZ, F.; MASSUQUETTI, A.; ALVES, T. W. Demanda e oferta energética: uma perspectiva mundial e nacional para o etanol. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v. 16, n. 16, p. 3167-3186, 2013.

SINGH, V; NIMBKAR, N: Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), In: SINGH, R, J: **Genetic Resources Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oil Crops**, Boca Raton, p. 168-194, 2007.

SINGH, U.B.; SINGH, R. M. Effect of graded levels of moisture regimes, N and P fertilization on seed yield, oil content and NPK uptake by safflower. **Indian Journal Agronomy**. New Delhi, v. 25, p. 9-17, 1980.

SILVA, C. J. **Caracterização agrônômica e divergência genética de acessos de cártamo.** 2013. 51 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT versão 7.6 beta.** Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acesso em: 12 mar.2015.

SILVA, L. O. **Dossiê técnico:** Energia eólica. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico - CDT/UnB, Brasília – DF, 2012. 19 p.

SILVA, R. A. D.; LICHSTON, J. E.; SILVA, A. N. E.; LIMA, E. R.; JOBIM K.; SOUZA, V. H. M. Ocorrência de *Alternaria sp.* em *Carthamus tinctorius* L. no Rio Grande do Norte. **LXV Congresso Nacional de Botânica**. Salvador. 2014

SHILLODE, G. U.; PATIL D. S.; PATIL, S. D.; JOSHI, S. R. Properties and yield of safflower as influenced by different fertilizers. **Research journal of agriculture and forestry sciences**. Palhar Nagar, v. 4, p. 13 – 16, 2016.

SORANSO, A.M.; FILHO, A. G.; LOPES A.; SOUZA, E. G.; DABDOUB, M. J.; FURLANI, C. E. A.; CAMARA, F. T., Desempenho dinâmico de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado de óleo residual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 553-559, 2008.

VAFIAIE, A.; EBADI, A.; RASTGOU,; MOGHADAM, S. H. The effects of potassium and magnesium on yield and some physiological traits of Safflower (*Carthamus tinctorius*). **International Journal of agriculture and Crop Sciences**, London, v. 5, n. 17, p. 1895-1900, 2013.

WEISS E. A. **Oilseed crops**. 2 ed. New York: Longman Inc, 1983. 384p.

ZAHER, F. A. Vegetable oil as alternative fuel for diesel engines: a review. **Grasas y Aceites**. Sevilla, v. 41, n. 1, p. 82-91, 1990.

ZANÃO JÚNIOR, L. A. Importância e função dos nutrientes no crescimento e desenvolvimento de plantas. In: ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; ZANÃO JUNIOR, L. A. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Viçosa, 2012, p. 1-21.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, v. 34, p. 425 – 433, 2010.

ZOZ, T. **Correlação e análise de trilha de produtividade de grãos e seus componentes e caracteres de planta em cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) e mamona (*Ricinus communis L.*)**. 2012. 56 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, 2012.

ZOZ, T. **Avaliação de genótipos de cártamo quanto ao desempenho agrônomo, divergência genética e produtividade da água**. 2015. 77 p. Dissertação (Doutorado). Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, 2015.