

JAILSON RAMOS MAGALHÃES

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NO
DESENVOLVIMENTO DE *CARTHAMUS TINCTORIUS* L.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes

Co-orientador: Prof. Dr. Demerson Arruda Sanglard

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Leidivan Almeida Frazão

Montes Claros

2017

M188a
2017

Magalhães, Jailson Ramos.

Adubação nitrogenada e potássica no desenvolvimento de *carthamus tinctorius* L. / Jailson Ramos Magalhães. Montes Claros (MG): ICA/UFMG, 2017.
57 f.: il.

Dissertação (Mestrado) Área de concentração: Produção Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Luiz Arnaldo Fernandes.

Banca examinadora: Claudinéia Ferreira Nunes, Cristina de Paula Santos Martins, Demerson Arruda Sanglard, Luiz Arnaldo Fernandes.

Inclui referências: fls. 53-57.

1. Cártamo. 2. Adubação. 3. Nutrição de plantas. 4. Semiárido
I. Fernandes, Luiz Arnaldo. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 631.8

JAILSON RAMOS MAGALHÃES

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NO DESENVOLVIMENTO DE
CARTHAMUS TINCTORIUS L.**



Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes
(Orientador – ICA/UFMG)

Aprovada em 23 de fevereiro de 2017.

Montes Claros

2017

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua presença constante em minha vida, reanimando-me quando as forças parecem findar, possibilitando que meus sonhos se realizem.

Aos meus pais, Eliane e Josué (*in memoriam*), pelo carinho, dedicação e apoio em minha caminhada.

Aos meus irmãos, Joselane, Josimar e Maria Rita, pelo carinho, cumplicidade e experiências trocadas ao longo da vida.

Ao meu sobrinho Davi, pela alegria que ele representa para nossa família.

Aos meus afilhados, Maria Isabel, João Antônio, Isabela, Trinit e Larissa pelo carinho e por tornar a minha existência mais significativa.

Ao Prof. Dr. Demerson Arruda Sanglard, pela paciência, investimento e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes, pelos ensinamentos e disponibilidade em participar da conclusão deste trabalho.

À prof.^a Dr.^a Claudinéia Ferreira Nunes, pela paciência, disponibilidade, atenção e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Alcinei Místico Azevedo, Rodney Facco Pegoraro e Leidivan Almeida Frazão, pelas contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais – ICA/UFMG, pela possibilidade da realização desta pós-graduação.

Aos professores da banca examinadora, pela participação e por todas as sugestões prestadas.

A todos os professores do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pelos ensinamentos transmitidos.

À Técnica de Laboratório, Flávia Échila, pelo carinho, amizade e auxílio na condução dos trabalhos no Laboratório de Biotecnologia.

Ao Instituto Mato-grossense de Algodão pela doação dos genótipos de cártamo, possibilitando a condução deste trabalho.

Aos colegas e amigos Iago, Ludimila, Adriana, William, Shirley, Cryslane, Aline, Lorrane, Katherin, Ricardo, Luiz Paulo, Pablo, Rayane, Nayara, Igor e todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

À Prefeitura Municipal de Montes Claros, pelo deferimento do meu afastamento no período de concessão da bolsa e pela flexibilização do meu horário de trabalho no período anterior ao afastamento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

Muito obrigado!

“A persistência é o caminho do êxito.”

(Charles Chaplin)

RESUMO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma planta da família Asteraceae com elevado potencial produtivo de óleo, sendo utilizado tanto para a alimentação humana quanto industrial e com grande potencial para a produção de biodiesel. Segundo a literatura, a espécie apresenta índices produtivos satisfatórios em condições adversas, como baixa disponibilidade hídrica e solos pobres, constituindo uma alternativa para regiões semiáridas e áridas brasileiras. No entanto, a falta de conhecimento de técnicas básicas de cultivo, como demanda nutricional da cultura, ainda é um obstáculo, para sua introdução no país. Assim, este trabalho objetivou avaliar o efeito da adubação com diferentes doses de nitrogênio e potássio, no crescimento e desenvolvimento de plantas de cártamo, cultivadas em casa de vegetação. O experimento foi conduzido, utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 5x5, correspondente a cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³) e cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³), com quatro repetições. O plantio foi realizado, em maio de 2016 e a primeira avaliação do experimento foi realizada, aos 60 dias após o plantio, em que foram avaliadas as seguintes características: número de folhas, altura (cm), diâmetro do caule (mm) e índice relativo de clorofila. Trinta dias após a primeira avaliação, determinou-se também: número de capítulos e diâmetro do capítulo (mm), sendo este avaliado novamente aos 110 dias após a semeadura. Na colheita, 130 dias após o plantio, avaliaram-se: massa seca da parte aérea (g planta⁻¹) e, posteriormente, o acúmulo (mg planta⁻¹) e teor de nitrogênio e potássio na parte aérea (mg dm⁻³). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste de regressão e superfície de resposta a 5% de probabilidade, por meio do software R. A adubação com potássio apresentou diferença significativa para todas as variáveis avaliadas. Ajustou-se o modelo linear de regressão, para todas as características avaliadas, exceto para a segunda avaliação do número de folhas e para o teor de potássio na planta, que se adequaram ao modelo quadrático de regressão. Somente para as características número de folhas, altura de plantas e acúmulo de nitrogênio houve efeito isolado da adubação nitrogenada. Ocorreu um decréscimo no número de folhas e altura das plantas na medida em que as doses de nitrogênio foram elevadas. A adubação potássica influencia positivamente o desenvolvimento do cártamo, no entanto o intervalo das doses estudadas não foi suficiente para obter a máxima resposta da cultura. As plantas do acesso de cártamo estudado são pouco influenciadas pelas doses de nitrogênio.

Palavras-chave: Cártamo. Adubação. Nutrição de plantas. Semiárido.

ABSTRACT

The safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a plant of the Asteraceae family with high productive potential of oil, being used for both human and industrial food and with great potential for the production of biodiesel. According to the literature, the species presents satisfactory productive indexes under adverse conditions, such as low water availability and poor soils, constituting an alternative for semi-arid and Brazilian arid regions. However, the lack of knowledge of basic cultivation techniques, such as nutritional demand of the crop, is still an obstacle to its introduction into the country. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of fertilization with different nitrogen and potassium rates on the growth and development of safflower plants grown under greenhouse conditions. The experiment was conducted using the experimental design in randomized blocks, arranged in a factorial scheme 5x5, corresponding to five doses of nitrogen (0, 50, 100, 150 and 200 mg dm⁻³) and five doses of potassium (0, 50, 100, 150 and 200 mg dm⁻³), with four replicates. Planting was carried out in May 2016 and the first evaluation of the experiment was carried out 60 days after planting, in which the following characteristics were evaluated: leaf number, height (cm), diameter of the stem (mm) and relative index of chlorophyll. Thirty days after the first evaluation, it was also determined: number of chapters and chapter diameter (mm), being evaluated again at 110 days after sowing. At harvest, 130 days after planting, the following were evaluated: dry mass of the aerial part (g plant⁻¹) and, subsequently, the accumulation (mg plant⁻¹) and nitrogen and potassium content in the aerial part (mg dm⁻³). The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), regression test and response surface at 5% probability, using software R. The potassium fertilization presented a significant difference for all variables evaluated. The linear regression model was adjusted for all the characteristics evaluated, except for the second evaluation of the number of leaves and for the potassium content in the plant, which were adapted to the quadratic regression model. Only for the number of leaves, height of plants and accumulation of nitrogen, there was an isolated effect of nitrogen fertilization. There was a decrease in the number of leaves and height of the plants as the nitrogen doses was elevated. The potassium fertilization positively influenced the development of safflower, however, the range of doses studied was not sufficient to obtain maximum culture response. The safflower access plants studied are little influenced by the nitrogen doses.

Keywords: Safflower. Fertilizing. Nutrition of plants. Semi-arid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aplicação do fósforo via solução (A). Incorporação do adubo ao solo (B). Aplicação da última parcela do nitrogênio aos trinta dias da semeadura (C).....	27
Figura 2 - Semeadura do cártamo (A). Início da emergência das plântulas aos quatro dias do plantio (B). desenvolvimento das plantas após o primeiro desbaste (C)	28
Figura 3: Determinação da altura da planta com o uso de régua graduada (A). Determinação do diâmetro do caule com o uso de paquímetro digital (B). Determinação do índice relativo de clorofila por meio do clorofilômetro	29
Figura 4 - Determinação do diâmetro do capítulo com o uso do paquímetro digital (A). Planta apresentando três capítulos (B).....	30
Figura 5 - Número de folhas de plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função das doses de potássio.....	33
Figura 6 - Número de folhas de plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função das doses de nitrogênio	34
Figura 7: Altura de plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função das doses de potássio.....	35
Figura 8 - Altura de plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) aos 60 dias após a emergência sob diferentes doses de potássio	36
Figura 9 - Altura de plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função das doses de nitrogênio	37
Figura 10 - Diâmetro do caule de planta de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função das doses de potássio.....	39
Figura 11 - Diâmetro do capítulo de plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função das doses de potássio	41
Figura 12 - Número de capítulo de plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função das doses de potássio	42
Figura 13 - Índice relativo de clorofila em plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função de doses de potássio.....	44
Figura 14 - Massa seca da parte aérea total em plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função de doses de potássio.....	46
Figura 15 - Acúmulo de nitrogênio na parte aérea total em plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função de doses de potássio.....	47
Figura 16 - Acúmulo de nitrogênio na parte aérea total em plantas de cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) em função de doses de nitrogênio	48

Figura 17 - Acúmulo de potássio na parte aérea total em plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função de doses de potássio 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição granulométrica do solo utilizado no experimento	24
Tabela 2 - Análise química do solo utilizada no experimento.....	25
Tabela 3 - Equações de regressão, para os teores de N na planta em função das doses de N aplicadas ao solo, em cada dose de potássio	50
Tabela 4 - Equações de regressão, para os teores de K na planta em função das doses de K aplicadas ao solo, em cada dose de nitrogênio	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AKPAT	–	Acúmulo de potássio na parte aérea total
Al	–	Alumínio
ANPAT	–	Acúmulo de nitrogênio na parte aérea total
AP	–	Altura de plantas
C	–	Carbono
Ca	–	Cálcio
CaSO ₄	–	Sulfato de cálcio
CO	–	Carbono orgânico
CO ₂	–	Dióxido de carbono
CTC	–	Capacidade de troca de cátions
DAP	–	Dias após o plantio
DC	–	Diâmetro do caule
DCAP	–	Diâmetro do capítulo
EMBRAPA	–	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAOSTAT	–	Food and Agriculture Organization of the United Nations
H	–	Hidrogênio
HCl	–	Ácido clorídrico
H ₂ SO ₄	–	Ácido sulfúrico
H ₃ BO ₃	–	Ácido bórico
H ₃ PO ₄	–	Ácido fosfórico
IBGE	–	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICF	–	Índice de Clorofila Falker
IMA	–	Instituto Mato-grossense de Algodão
K	–	Potássio
K ⁺	–	Íons de potássio
KCl	–	Cloreto de potássio
Mg	–	Magnésio
MO	–	Matéria orgânica
MSPAT	–	Massa seca da parte área total
N	–	Nitrogênio
N ₂	–	Nitrogênio gasoso

NC	–	Número de capítulos
NF	–	Número de folhas
NH ₄	–	Amônio
NH ₄ NO ₃	–	Nitrato de amônio
NO ₃ ⁻	–	Nitrato
P	–	Fósforo
PRNT	–	Poder Relativo de Neutralização Total
SB	–	Soma de bases
SPAD	–	Soil plant analysis development
t	–	Capacidade efetiva de troca de cátions
T	–	Capacidade potencial de troca de cátions
V	–	Saturação por bases
ZnCl ₂	–	Cloreto de Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	16
2.2 Expansão da cultura do cártamo	18
2.3 Usos da cultura do cártamo	18
2.4 Importância da adubação nitrogenada e potássica na cultura do cártamo	20
2.4.1 Nitrogênio	20
2.4.2 Potássio	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Local do experimento	24
3.2 Caracterização do solo	24
3.3 Instalação e condução do experimento	26
3.3.1 Delineamento experimental	26
3.3.2 Manejo de adubação	26
3.3.3 Plantio e condução do experimento	27
3.3.4 Características avaliadas	28
3.3.5 Estatística	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Número de Folhas	32
4.2 Altura de plantas	34
4.3 Diâmetro do caule	38
4.4 Diâmetro do capítulo	39
4.5 Número de capítulos	42
4.6 Índice relativo de clorofila	43
4.7 Massa seca da parte aérea total	45
4.8 Acúmulo de nitrogênio na massa seca da parte aérea total	47
4.9 Acúmulo de potássio na massa seca da parte aérea total	49
4.10 Teores de nitrogênio e potássio na massa seca da parte aérea total ...	50
5 CONCLUSÕES	52

REFERÊNCIAS.....	53
------------------	----

1 INTRODUÇÃO

O estudo da viabilidade do cultivo do cártamo no Brasil busca apresentar uma nova opção para a agricultura brasileira, principalmente, por representar uma fonte alternativa de energia. Assim, a importância das culturas oleaginosas, como o cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), tem aumentado, especialmente com o interesse na produção de biocombustíveis (DORDAS; SIOULAS, 2008).

Além dessa finalidade, o óleo de cártamo vem sendo largamente difundido como um importante auxiliador no controle da obesidade, como óleo industrial na fabricação de diversos produtos, na alimentação animal por apresentar um alto percentual de proteínas e para outros diversos fins.

O cultivo do cártamo no mundo não é recente, entretanto, no Brasil, as informações disponíveis, para seu cultivo comercial, ainda, são insuficientes. Com isso, pesquisas estão sendo realizadas visando à implantação com boa produtividade desta cultura, principalmente, por ela apresentar características desejáveis, tais como tolerância ao déficit hídrico, a altas temperaturas e a solos salinos (KIZIL *et al.*, 2008).

Diante da importância da inserção da cultura do cártamo, na agricultura brasileira e dos estudos com esta cultura serem incipientes no país, torna-se necessária a realização de pesquisas que envolvam todo o manejo da cultura, principalmente, em relação à fertilidade do solo, com o objetivo de conhecer o seu requerimento nutricional nas condições dos solos brasileiros. O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais importantes para o crescimento e desenvolvimento da cultura.

O nitrogênio é constituinte de aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila, dentre outros compostos orgânicos fundamentais à sobrevivência das plantas e está envolvido nas principais reações bioquímicas das plantas e microrganismos (CANTARELLA, 2007). O potássio, por sua vez, é um dos

nutrientes mais requeridos pelas plantas. Dentre suas funções é responsável por ativar diversas enzimas, envolvidas na respiração e na fotossíntese, atua também na regulação osmótica e transporte de carboidratos, além de aumentar, por exemplo, a tolerância ao acamamento e ao ataque de pragas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Diante da necessidade de obter informações sobre o requerimento nutricional da cultura do cártamo, visando a uma produção de qualidade e ao uso racional de adubos químicos, este estudo objetivou avaliar o efeito da adubação com diferentes doses de nitrogênio e potássio no crescimento e desenvolvimento de plantas de cártamo cultivadas em casa de vegetação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) possui várias outras denominações, sendo conhecido, por exemplo; como “açafroa” ou “açafirão bastardo”. Seu centro de origem é um assunto divergente na literatura, tendo como prováveis o Irã, a Índia, o Afeganistão e a Etiópia (DAJUE; MÜNDEL, 1996; MOURA *et al.*, 2015).

Essa cultura pertence à família *Asteraceae*, gênero *Carthamus* e a espécie *Carthamus tinctorius* L. Trata-se de uma planta anual, herbácea, de caule ereto, ramificado, com altura variando entre 30 cm e 150 cm, de acordo com a época do plantio e as condições ambientais as quais for submetida. Possui um sistema radicular bastante desenvolvido, pivotante, podendo alcançar altas profundidades, o que favorece a absorção da solução do solo, tornando uma cultura bastante tolerante ao estresse hídrico (DAJUE; MÜNDEL, 1996; SINGH; NIMBKAR, 2006).

A planta possui diversas ramificações classificadas como primárias, secundárias e terciárias, nas quais surge uma inflorescência que é denominada capítulo. Fatores como genótipo, ambiente e o manejo cultural influenciam o número de capítulos emitidos por planta. Cada capítulo possui de 20 a 250 flores, também, denominadas de floretes que se encontram envolvidas por diversas brácteas sobrepostas (SINGH; NIMBKAR, 2006; SILVA, 2013).

O ciclo da cultura varia normalmente de 110 a 150 dias, dependendo do genótipo e de condições ambientais. A germinação ocorre entre três a oito dias após a semeadura (OELKE *et al.*, 1992). Segundo Dajue e Mündel (1996), a germinação ocorre até em temperaturas relativamente baixas, de 2 a 5°C.

Uma das etapas mais críticas da cultura é o estágio de roseta, fase caracterizada pelo crescimento lento da planta e produção de folhas próximas ao nível do solo. Essa fase tem duração de três a seis semanas, dependendo do material genético e das condições ambientais, especialmente, a temperatura. Período bastante sensível à competição por água, luz e nutrientes com as plantas invasoras (OELKE *et al.*, 1992).

O alongamento do caule e as ramificações são as fases de maior intensidade de crescimento da planta e têm duração em torno de 6 a 8 semanas. Nessas etapas, um bom suprimento nutricional e as características genéticas da planta são fundamentais para determinação do número de ramos primários, secundários e terciários (EMONGOR, 2010; SILVA, 2013).

O início do florescimento se dá em torno de 60 a 100 dias, fase importante pela determinação de componentes de produção, como: números de capítulos e número de grãos por capítulo. Já a maturidade fisiológica ocorre de 4 a 6 semanas após o início da floração. O ponto ideal para colheita se dá entre 117 e 169 dias após a emergência. As plantas se encontram completamente senescidas, apresentando coloração marrom das folhas e capítulos. Nesta fase, a umidade das sementes encontra-se com, aproximadamente, 10% (EMONGOR, 2010; GUIDORIZZI, 2016).

A cultura desenvolve-se bem em regiões com precipitações de 300 a 600 mm anuais e em altitudes que variam do nível do mar até 2000 m. Resiste a grande amplitude de temperaturas que podem variar de -7 °C a 40 °C, dependendo do seu estágio de desenvolvimento (EMONGOR, 2010).

Em relação às condições de cultivo, o cártamo possui elevada tolerância ao déficit hídrico, às altas temperaturas, aos ventos fortes e quentes, à baixa umidade relativa do ar e a solos salinos. Além de grande capacidade de adaptação às mais diferentes condições ecológicas encontradas nas regiões semiáridas, desenvolvendo-se bem nos mais diferentes tipos de solos, não tolera solos encharcados e alta umidade

relativa do ar (KIZIL *et al.*, 2008; BAGHERI; SAM-DAILIRI, 2011; EMONGOR, 2010).

2.2 Expansão da cultura do cártamo

Desde a antiguidade o cártamo é cultivado e empregado na tinturaria de tecidos no Sudeste Asiático. De suas flores é extraído a cartamina, um corante vermelho, de qual se extrai também outro corante para fins culinários, de coloração amarelada (OELKE *et al.*, 1992).

O cártamo é cultivado em vários países. De acordo com a FAOSTAT (2016), o México foi o maior produtor mundial da cultura, no ano de 2014, com uma produtividade de, aproximadamente, 144,4 mil toneladas. O Cazaquistão ocupa o segundo lugar no ranking de produção, seguido pela Índia, com produtividade de 135,4 mil e 113 mil toneladas, respectivamente. Os Estados Unidos da América e a Rússia completam o ranking dos cinco maiores produtores.

No Brasil, o cártamo não é tradicionalmente cultivado, restringindo-se às áreas de pesquisas. Contudo, por suas características, como ciclo de desenvolvimento curto, tolerância à deficiência hídrica e pequena ou nula resposta ao fotoperíodo, o cultivo de cártamo se torna uma importante alternativa para o período de safrinha ou segunda safra (outono-inverno), em sucessão às culturas tradicionais (ARANTES, 2011; GUIDORIZZI, 2016).

2.3 Usos da cultura do cártamo

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma espécie cultivada há mais de dois milênios. Representa uma alternativa, para a produção de óleo com aplicações na alimentação humana e na indústria, além de ser uma das opções econômicas em regiões semiáridas ou áridas. Suas sementes possuem elevados teores de óleo que podem chegar a 50%. O óleo de

cártamo apresenta altos teores de ácidos linoleico e oleico, que são considerados de ótima qualidade para o consumo humano, apresentando menores riscos à saúde (MÜNDEL *et al.*, 2004).

Para fins medicinais, o ácido linoleico que é encontrado em altos teores no cártamo é conhecido pelo potencial de reduzir o nível de colesterol no sangue, competindo com canola e azeite de oliva (DAJUE; MUNDEL, 1996). O cártamo, também, vem sendo utilizado como uma planta-modelo na agricultura molecular, na produção de insulina humana (SRI-SHILPA; DINESH-KUMAR; SUJATHA, 2010).

Na produção de biodiesel, segundo Zoz (2012), o cártamo é visto como uma matéria-prima alternativa, pelo seu elevado potencial na produção de óleo e grande adaptação a condições adversas do clima. O ciclo curto do cártamo e sua resistência a condições de baixa disponibilidade hídrica permitem o cultivo no período de safrinha, não comprometendo o cultivo de outras culturas. Considerando o fator econômico, aumentar as opções de culturas proporciona um maior e diversificado rendimento financeiro aos agricultores (ARANTES, 2011).

Como óleo industrial, ele oferece potencialidades para muitos usos, sendo empregado na fabricação de tintas, esmaltes e sabões. Sendo um óleo de cor clara que não escurece com o tempo, é muito utilizado para a fabricação de tintas de cores claras (OELKE *et al.*, 1992).

Outro coproduto da indústria do óleo de cártamo é a torta das sementes, subproduto que possui cerca de 35% de proteína e pode ser utilizado, na alimentação de ruminantes e monogástricos, não possuindo fatores antinutritivos. A produção média de sementes por hectare situa-se em torno de uma a três toneladas, de acordo com a tecnologia empregada e a produção de matéria seca/ha, também pode variar de 4 a 6 t/ha (OELKE *et al.*, 1992; LANDAU *et al.*, 2004; EKIN, 2005).

Além destas utilidades, o cártamo pode ser utilizado, ainda, para fins medicinais, atuando no tratamento de diversas anomalias; na alimentação de pássaros e como planta ornamental (EMONGOR, 2010; DANIELI *et al.*, 2011).

2.4 Importância da adubação nitrogenada e potássica na cultura do cártamo

2.4.1 Nitrogênio

O Nitrogênio é geralmente o elemento essencial requerido em maior quantidade pelas plantas. É absorvido em maior proporção na forma de nitrato, depois do processo denominado nitrificação, tornando disponível para a absorção pelas raízes (MALAVOLTA, 1979). Embora seja um nutriente abundante na natureza, em grande parte dos solos não é suficiente, para a exigência nutricional das culturas, pois sua maior disponibilidade está na forma orgânica (CANTARELLA, 2007).

A atmosfera é o principal reservatório de nitrogênio, absorvem-se 78,3% de toda a distribuição na natureza, é um reservatório praticamente inesgotável, pois o processo de desnitrificação reabastece constantemente a atmosfera. Apesar dessa abundância, a forma N_2 , encontrada no ar, não é diretamente aproveitável pelas plantas. Para a absorção pelas plantas, torna-se necessária a transformação do N_2 em formas assimiláveis (NH_4^+ , NO_3^-), e fixação biológica de N_2 tanto em sistemas livres quanto simbióticos, por meio de bactérias formadoras de nódulos nas raízes de plantas leguminosas (PRADO, 2008). A cultura do cártamo não se enquadra no grupo das leguminosas, necessitando de uma maior quantidade de fertilizante, no entanto essa adubação faz aumentar os custos de produção, por isso é importante conhecer a real demanda do nutriente pela cultura.

Segundo Cantarella (2007), o ciclo do nitrogênio no sistema solo-planta é bastante complexo, controlado por fatores físicos, químicos e biológicos e afetado por condições climáticas difíceis de controlar. Sua maior fração está presente na matéria orgânica, em diferentes moléculas e com variados graus de recalcitrância, ou como parte de organismos vivos. Sua perda pode ocorrer por variados mecanismos, que incluem lixiviação e volatilização.

Segundo Dordas e Sioulas (2008), o nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes ao crescimento e desenvolvimento de cártamo, sendo indispensável para a produção da cultura, afetando a produtividade de matéria seca, por influenciar o desenvolvimento e manutenção da área foliar, bem como a eficiência fotossintética.

Malavolta (2006) afirma que o nitrogênio, quando fornecido em quantidades adequadas, melhora a qualidade dos produtos agrícolas, no entanto, quando em excesso ou em desequilíbrio com outro nutriente torna-se prejudicial, provocando crescimento excessivo das plantas, em detrimento da produção de tubérculos ou raízes, proporcionando folhas mais suculentas e susceptíveis a doenças, reduzindo a produção de frutos e o teor de açúcares, e predispõe a cultura ao acamamento.

Um indício importante relacionando um sintoma de deficiência aguda a um elemento essencial, em particular, é a extensão que um elemento pode ser reciclado de folhas mais velhas para folhas mais jovens. Alguns elementos, como nitrogênio, fósforo e potássio, podem prontamente se mover de folhas mais velhas para folhas mais jovens, nesse caso, quando o elemento é móvel, os sintomas tendem a aparecer primeiro nas folhas mais velhas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Quando em condições de deficiência de nitrogênio, o cártamo apresenta desenvolvimento fenológico tanto vegetativo quanto reprodutivo lento, reduz a taxa de emergência foliar, o rendimento e os componentes de produção, tais como o número de capítulos por planta, o número de

sementes por capítulo, o peso de uma única semente e o número de sementes por planta (JONES; TUCKER, 1968). Provoca, também, a inibição do crescimento radicular, afetando, assim, o desenvolvimento da parte aérea. O parcelamento das aplicações pode ser benéfico, mas, à medida que as aplicações se tornam tardias, elas são menos eficientes na promoção do rendimento da semente e podem diminuir a concentração de óleo nas sementes (STEER; HARRIGAN, 1986).

2.4.2 Potássio

O potássio é um elemento essencial às plantas superiores, sua concentração nos tecidos vegetais varia em função da espécie e do manejo utilizado. É o elemento mais abundante na maioria das plantas e o terceiro que mais limita o crescimento vegetal (MARENCO; LOPES, 2007). O nutriente encontra-se na forma catiônica (K^+) e seus sais apresentam alta solubilidade, o que, associado à baixa capacidade de troca catiônica (CTC) da maioria dos solos, contribui para a ocorrência de perdas por lixiviação (PRADO, 2008).

Na planta, ele é altamente móvel, podendo ser facilmente redistribuído (PRADO, 2008). É responsável por ativar muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, transporte de assimilados e potencial hídrico celular. Como principal componente osmótico das células guardas, a transferência de potássio dentro e fora destas células regula a abertura e o fechamento dos estômatos. Junto com o Cálcio e Magnésio participa da importante função de manutenção do equilíbrio iônico com os ânions. Como ativador de inúmeras enzimas, sua deficiência conduz a profundas alterações no metabolismo. O primeiro sintoma visível da deficiência de potássio é clorose em manchas ou marginal, evoluindo posteriormente para necrose, ocorrendo, principalmente, nos ápices foliares, nas margens e entre nervuras (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As plantas, quando bem nutridas em potássio, apresentam maior eficiência do uso da água, enquanto plantas deficientes em potássio possuem menor desempenho fotossintético, pelo comprometimento da abertura estomática, não acontecendo de forma regular, reduzindo a entrada de CO₂. Assim, a aplicação de potássio pode aumentar a assimilação de CO₂ pelas folhas e, também, a área foliar (PRADO, 2008).

Alguns fatores climáticos como temperatura e umidade interferem na disponibilidade do potássio no solo; a elevação da temperatura ambiente e do solo aumenta a absorção de potássio pelas plantas, favorecendo tanto a difusão de potássio no solo quanto o processo de absorção. O aumento do teor de água no solo, também, favorece a absorção de potássio, porque aumenta o transporte de potássio até às raízes pelos diferentes mecanismos (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007).

No solo, o potássio é usualmente distinguido nas formas solução do solo e potássio trocável, que representa aquele retido nas cargas elétricas negativas dos coloides. A disponibilidade de potássio no solo e a sua absorção pelas plantas parecem estar relacionadas com a disponibilidade dos cátions divalentes, Cálcio e Magnésio, dominantes do complexo de troca. Tem sua absorção pela planta favorecida, em comparação com outras espécies catiônicas; dentre os cátions macronutrientes, é o que se apresenta, em geral, em menor e maior concentração, no solo e na planta, respectivamente (OLIVEIRA; CARMELLO; MASCARENHAS, 2001).

O potássio não apenas influencia a produtividade das culturas, mas também tem papel importante na resistência da planta a doenças (MARENCO; LOPES, 2007). Sendo assim, a produção e qualidade dos produtos agrícolas estão diretamente relacionadas com o fator nutricional disponível às culturas, nas quais uma alta produtividade com boa qualidade e, conseqüentemente, melhor valor de mercado, geralmente, demandam maiores níveis desse nutriente (MALAVOLTA, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi implantado, em maio de 2016, em casa de vegetação, na Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros. A cidade apresenta uma altitude média de 638 metros, latitude 16°43'13"S e longitude 43°52'52"O (IBGE, 2017). O clima é considerado tropical de savana (Aw), segundo Koppen, com precipitação média anual superior a 1060 mm, com inverno seco e verão chuvoso.

3.2 Caracterização do solo

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, (EMBRAPA, 2006). A coleta foi realizada na camada superficial do solo (0 – 20 cm), em uma área de Cerrado nativo de Montes Claros, cujas coordenadas geográficas são 16°54'14,99" S e 43°57'41,28" O. O solo foi passado em peneira de 4 mm de abertura, para preenchimento dos vasos e em peneiras de 2 mm, para realização da caracterização química e granulométrica (TABELA 1).

Tabela 1 - Composição granulométrica do solo utilizado no experimento

Areia	Fração Granulométrica ⁽¹⁾	
	Silte	Argila
	dag kg ⁻¹	
78,00	10,00	12,00

⁽¹⁾Determinado pelo método do densímetro (EMBRAPA, 1997).
Fonte: Do autor, 2017.

Para a obtenção dos atributos químicos do solo (TABELA 2), foi utilizada a metodologia proposta pela Embrapa (1997). Foram determinados os atributos químicos; matéria orgânica (MO); pH (acidez ativa); P, K, Ca, Mg,

Al (acidez trocável) e o H+Al (acidez potencial) do solo. A MO foi obtida por oxidação via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico. O pH foi determinado em água. O P e K foram extraídos pelo Mehlich-1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$). O Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$. A acidez potencial foi determinada pelo método do acetato de cálcio. Obtidas essas análises, calculou-se a soma de bases ($\text{SB} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$), a capacidade efetiva de troca de cátions ($t = \text{SB} + \text{Al}^{3+}$), a capacidade potencial de troca de cátions ($T = \text{SB} + \text{H} + \text{Al}$) e a saturação por bases ($V = 100 \times \text{SB}/T$).

Tabela 2 - Análise química do solo utilizada no experimento

Atributos do solo	Valor
pH (H ₂ O)	5,2
P (mg dm ⁻³)	0,55
K (mgdm ⁻³)	20
Ca(mg dm ⁻³)	0,10
Mg (mg dm ⁻³)	0,08
Al (cmolc dm ⁻³)	0,80
H+Al (cmolc dm ⁻³)	1,66
SB (cmolc dm ⁻³)	0,23
t (cmolc dm ⁻³)	1,03
m (%)	78
T (cmolc dm ⁻³)	1,89
V (%)	12
M.O (dag kg ⁻¹)	1,55
C.O (dag kg ⁻¹)	0,90

Fonte: Do autor, 2017.

Após a realização da análise do solo, visando corrigir a sua acidez, foi realizada a calagem. Amostras com volume de 10 dm⁻³ de solo foram acondicionadas em vasos de 15 dm⁻³ sem perfuração inferior. A acidez foi corrigida com a aplicação de calcário dolomítico (PRNT = 90%), na quantidade de 0,55 g dm⁻³, o solo permaneceu incubado por 60 dias.

3.3 Instalação e condução do experimento

3.3.1 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com 25 tratamentos e quatro repetições, arranjos em esquema fatorial 5x5, com cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³) e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³). A espécie vegetal cultivada foi o *Carthamus tinctorius* L., genótipo IMA 117 de origem desconhecida, cedido pelo Instituto Mato-grossense de Algodão, Cuiabá, MT.

3.3.2 Manejo de adubação

Após a correção do pH, foi realizada a adubação básica para implantação do experimento, que se constituiu na aplicação dos macronutrientes essenciais, fósforo e enxofre e dos micronutrientes zinco e Boro, com a seguinte recomendação: 300 mg dm⁻³, 40 mg dm⁻³, 5 mg dm⁻³ e 0,5 mg dm⁻³, respectivamente. Como fonte destes nutrientes, foram utilizados os reagentes PA; o H₃PO₄, o CaSO₄, o ZnCl₂ e o H₃BO₃. A aplicação do fósforo foi feita via solução e os demais foram incorporados em uma camada superior do vaso correspondente a ¼ do seu volume. Foram retirados 2,5 dm³ do solo, adicionado os adubos e retornado com o solo para o vaso. Para os macronutrientes nitrogênio e potássio, elementos de pesquisa deste trabalho, foram utilizados como fonte o NH₄NO₃ e o KCl, respectivamente. As aplicações dos nutrientes foram realizadas via solução e parceladas em 4 vezes, sendo a primeira no ato da semeadura e as demais aos 10, 20 e 30 dias após a semeadura (FIGURA 1).

Figura 1 - Aplicação do fósforo via solução (A). Incorporação do adubo ao solo (B). Aplicação da última parcela do nitrogênio aos trinta dias da semeadura (C)



Fonte: Do Autor, 2017.

3.3.3 Plantio e condução do experimento

A realização do plantio ocorreu utilizando nove sementes por vaso, a três cm de profundidade. A partir do quarto dia do plantio, iniciou-se a emergência das plântulas. Foram realizados dois desbastes, aos sete e quatorze dias após a emergência, deixando-se seis e três plantas por vaso, respectivamente. Assim, ao final do último desbaste, cada unidade experimental era composta por um vaso de capacidade de 15 dm³, contendo 10 dm³ de solo e três plantas (FIGURA 2). O controle fitossanitário foi realizado, manualmente, não ocorrendo necessidade de aplicação de nenhum inseticida, e a irrigação foi aplicada de forma homogênea, no valor de 100 ml dia⁻¹ de água destilada para cada vaso.

Figura 2 - Semeadura do cártamo (A). Início da emergência das plântulas aos quatro dias do plantio (B). desenvolvimento das plantas após o primeiro desbaste (C)



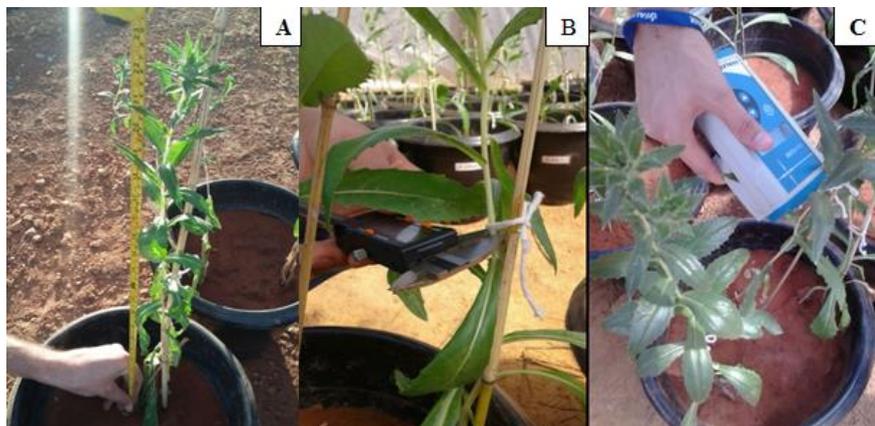
Fonte: Do autor, 2017.

3.3.4 Características avaliadas

Aos sessenta dias da emergência, foi realizada a primeira avaliação, com base nas seguintes características:

- Número de folhas (NF) - Contagem das folhas em cada unidade experimental, sendo o valor médio das três plantas o valor representativo de cada unidade experimental;
- Altura das plantas (AP) – Medida realizada em centímetros entre a superfície da planta e o ápice das plantas, com o uso de régua graduada (FIGURA 3A);
- Diâmetro do caule (DC) – Média de três medições do caule (base, meio e ápice), com o auxílio de paquímetro digital e expressa em milímetros (FIGURA 3B);
- Índice relativo de clorofila – Determinação indireta do teor de clorofila, realizado no terço médio das plantas, por meio da média de leituras de seis folhas aleatórias com auxílio do medidor eletrônico de clorofila clorofiLOG (Falker) (FIGURA 3C).

Figura 3: Determinação da altura da planta com o uso de régua graduada (A). Determinação do diâmetro do caule com o uso de paquímetro digital (B). Determinação do índice relativo de clorofila por meio do clorofilômetro



Fonte: Do autor, 2017.

Aos noventa dias após a emergência das plantas, realizou-se a segunda avaliação, considerando as características citadas anteriormente, avaliando também:

- Diâmetro do capítulo (DCAP) - Leitura realizada na parte mediana e transversal de cada capítulo com o auxílio de paquímetro digital e emitida em milímetros (FIGURA 4A);
- Número de capítulos (NC) - Contagem do número de capítulos em cada unidade experimental (FIGURA 4B).

Figura 4 - Determinação do diâmetro do capítulo com o uso do paquímetro digital (A). Planta apresentando três capítulos (B)



Fonte: Do autor, 2017.

Aos 130 dias após plantio, depois da maturação fisiológica das sementes, o experimento foi retirado e realizadas as seguintes avaliações:

- Massa seca da parte aérea total (MSPAT) - Secagem em estufa de circulação forçada de ar, temperatura de 65° C por 72 horas, expresso em g planta^{-1} , seguido da pesagem em balança de precisão da massa seca da parte aérea (caule + folhas + capítulos);
- Acúmulo de nitrogênio e potássio na massa seca da parte aérea total - A quantidade de nutriente acumulada na planta foi

obtida multiplicando-se as concentrações dos nutrientes na massa seca da parte aérea pela quantidade de massa seca produzida por planta;

- Teor de nitrogênio e potássio na massa seca da parte aérea total - A massa seca da parte aérea foi triturada, em moinho tipo Willey, para determinação do teor de nitrogênio e potássio, por meio dos métodos propostos por Malavolta; Vitti e Oliveira (1997).

3.3.5 Estatística

Para a análise estatística utilizou-se o programa R, sendo os dados submetidos à análise de variância, com a aplicação do teste F a 5% de probabilidade. Quando significativo, ajustaram-se equações de regressão polinomial para as médias das variáveis quantitativas.

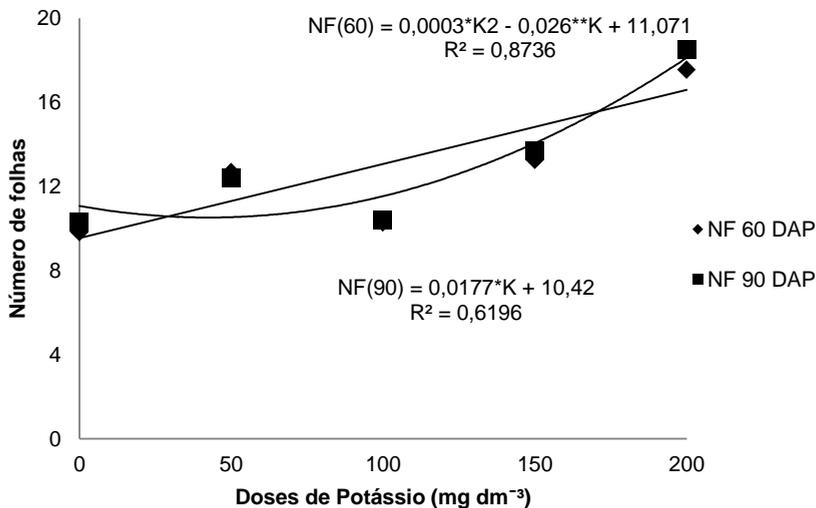
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Número de Folhas

As doses de potássio e nitrogênio influenciaram o número de folhas nas plantas de forma isolada. Para as doses de potássio (FIGURA 5), observa-se que, na primeira avaliação, aos sessenta dias após o plantio (DAP), o modelo linear de regressão foi o que mais se ajustou, indicando um maior número de folhas com o aumento das doses de potássio. A dose de 200 mg dm^{-3} promoveu um aumento de folhas em relação a testemunha no percentual de 80%.

Já na segunda avaliação, aos noventa dias após o plantio, o modelo quadrático de regressão foi o que mais se adequou, apresentando uma pequena diferença quando comparado com a primeira avaliação. O aumento do número de folhas com a adubação potássica, também, foi observada por Jesus *et al.* (2013), em um trabalho com a Asteraceae girassol, contudo o maior valor observado (12,27 folhas) foi na dose $173,86 \text{ mg L}^{-1}$, ocorrendo um decréscimo a partir desta dose.

Figura 5 - Número de folhas de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função das doses de potássio



Notas: NF - Número de folhas K=Potássio, * Significativo a 5%, ** significativo a 1%.

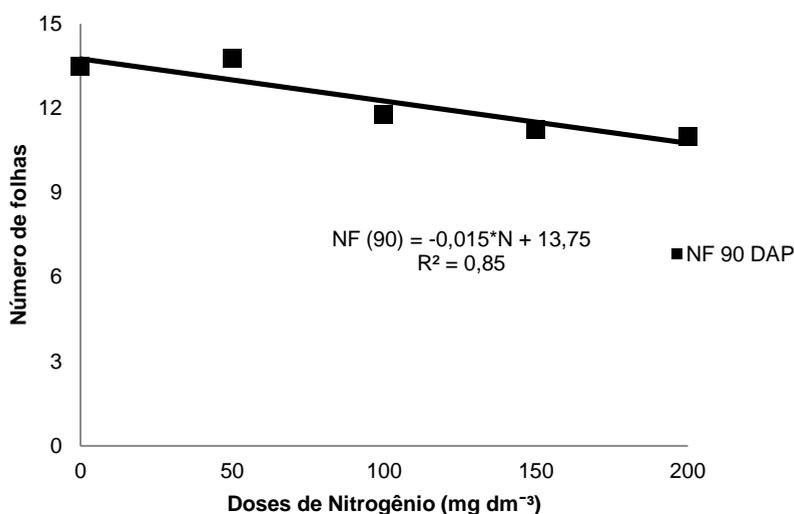
Fonte: Do autor, 2017.

Para as doses de nitrogênio (FIGURA 6), apenas a segunda avaliação apresentou diferença significativa. Na primeira avaliação, os tratamentos indicaram média de 13 folhas, já na segunda avaliação ajustou-se o modelo linear de regressão. Observa-se que doses elevadas de nitrogênio proporcionaram um decréscimo no número de folhas por planta de 22 %, entre a dose zero (13,75 folhas) e a dose de 200 mg dm⁻³ (10,75 folhas). Esse resultado também foi encontrado por Fagundes (2007) que, trabalhando com variação de doses de nitrogênio na cultura do girassol, obteve um incremento máximo de 24 folhas, para a dose 113,5 mg L⁻¹, ocorrendo um decréscimo do número de folhas a partir desta dose.

Elfadl *et al.* (2009) relatam que características como condições ambientais e cultivo anterior, influenciam na resposta da cultura do cártamo à adubação nitrogenada. Nesse sentido, Guidorizzi (2016), também, afirma que

a discrepância, quanto ao efeito da adubação nitrogenada na cultura do cártamo, pode estar relacionada aos sistemas de manejo, em que a cultura é implantada, do conteúdo de nitrogênio residual encontrado no solo, de condições climáticas e aos diferentes genótipos. Esses dois últimos fatores podem ter contribuído para os resultados encontrados neste trabalho.

Figura 6 - Número de folhas de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função das doses de nitrogênio



Notas: NF - Número de folhas, N - Nitrogênio, * Significativo a 5%.
 Fonte: Do autor, 2017.

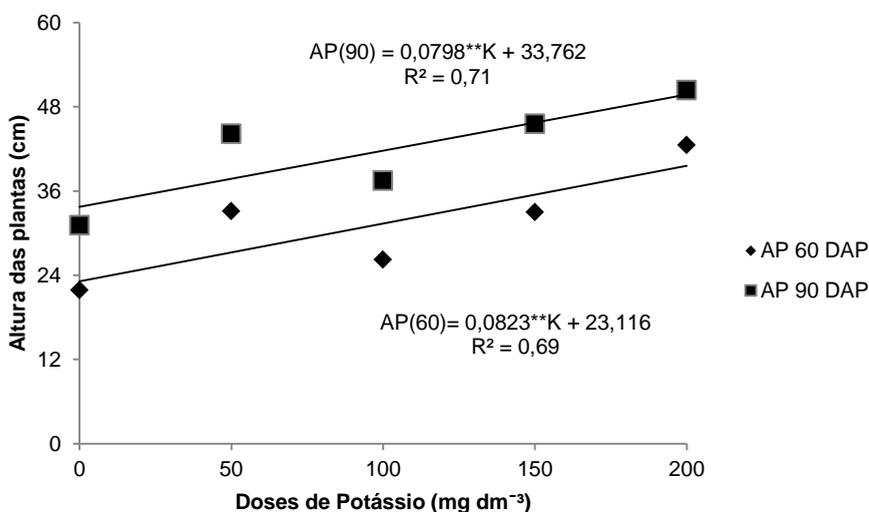
4.2 Altura de plantas

Para a variável altura de plantas, houve efeito isolado para as doses de potássio e nitrogênio, sendo o modelo linear de regressão o mais representativo (FIGURA 7). Observa-se que houve um crescimento da planta, na medida em que doses maiores de potássio foram aplicadas, proporcionando para a dose 200 mg dm⁻³ alturas de 42,53 cm e 50,38 cm, nas avaliações aos 60 e 90 dias, após o plantio, respectivamente.

Dourado (2015), trabalhando em casa de vegetação com adubação potássica em girassol, testou diferentes doses variando de 0 a 240 mg dm⁻³ e obteve também um desempenho linear, para o crescimento do girassol, em avaliações aos trinta e sessenta dias, após a emergência. No entanto, nas avaliações aos quinze e quarenta e cinco dias, obtiveram alturas máximas de plantas de 26,06 e 107,27 cm para as doses 150 e 183,40 mg dm⁻³, respectivamente.

O potássio é responsável por ativar muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013). A fotossíntese, quando realizada de forma eficiente, promove um maior desenvolvimento das plantas, o que justifica uma adubação correta da cultura, por isso, a necessidade de se avaliar o comportamento do cártamo em diferentes doses de potássio.

Figura 7: Altura de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função das doses de potássio



Notas: AP - Altura de plantas, K - Potássio, ** Significativo a 1%.
Fonte: Do autor, 2017.

Pela (FIGURA 8), observa-se que plantas submetidas a doses mais elevadas de potássio obtiveram maior crescimento, com maior número de folhas, apresentando também um comportamento mais homogêneo na parcela experimental, quando comparado às parcelas com aplicação de doses menores, o que interfere no resultado das avaliações, visto que o valor representativo de cada unidade experimental foi dado pela média das três plantas.

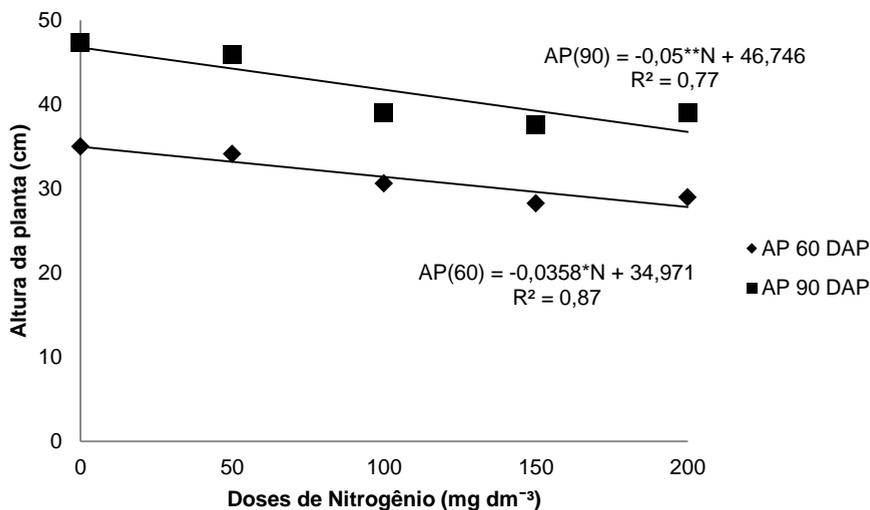
Figura 8 - Altura de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) aos 60 dias após a emergência sob diferentes doses de potássio



Notas: K1=0 mg dm⁻³, K2=50 mg dm⁻³, K3=100 mg dm⁻³, K4=150 mg dm⁻³ e K5=200 mg dm⁻³
Fonte: Do autor, 2017.

Para a adubação nitrogenada, houve diferença significativa, ocorrendo ajuste ao modelo de regressão de primeiro grau, observando-se um decréscimo na altura das plantas com o aumento das doses de nitrogênio (FIGURA 9). Na dose 200 mg dm⁻³, a altura das plantas teve um decréscimo de, aproximadamente, 17 e 18%, aos sessenta e noventa dias após o plantio, respectivamente.

Figura 9 - Altura de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função das doses de nitrogênio



Notas: AP – Altura de plantas, N - Nitrogênio, * Significativo a 5%, ** Significativo a 1%.

Fonte: Do autor, 2017.

Anicésio (2014), trabalhando com o desenvolvimento do cártamo em função de doses de nitrogênio, obteve uma resposta semelhante, ou seja, doses elevadas de nitrogênio resultaram em plantas de menor altura. Por outro lado, Braga (2009), trabalhando com a cultura do girassol e percentuais que variavam de 75 a 150% de nitrogênio, em relação à dose utilizada pelo produtor, verificou diferenças significativas apenas a partir dos 33 dias, após a semeadura, com a dose de 150% de nitrogênio, proporcionando um maior crescimento das plantas.

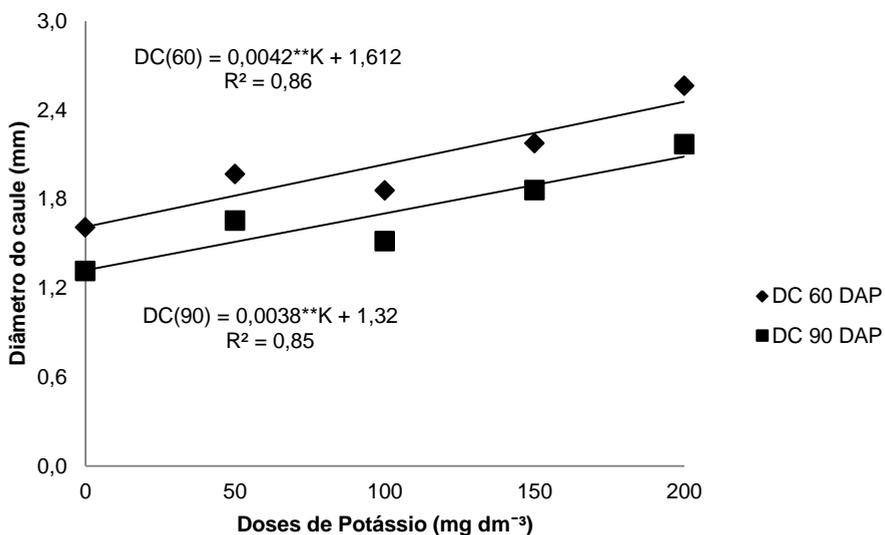
4.3 Diâmetro do caule

Para a característica diâmetro do caule, apenas as doses de potássio apresentaram diferença significativa (FIGURA 10), sendo o modelo de regressão linear o que mais se ajustou para a característica. Observa-se que o diâmetro, aos noventa dias do plantio, apresentou-se inferior ao encontrado na primeira avaliação, o que é explicado pelo fato da cultura já estar no final do período de florescimento. Segundo Anicésio (2014), as reservas de carboidratos do caule são transferidas para o capítulo o que é ratificado por Dorbas e Sioulas (2009), ao afirmar que as reservas necessárias ao enchimento dos grãos podem ser oriundas do caule.

As doses mais elevadas de potássio proporcionaram um maior incremento no caule das plantas, comparando com a testemunha (sem adubação potássica), a dose de 200 mg dm^{-3} propiciou um rendimento de 60 e 64% no diâmetro do caule, nas avaliações aos sessenta e noventa dias após o plantio, respectivamente.

O suprimento inadequado de um elemento essencial provoca um distúrbio nutricional, que se manifesta por sintomas de deficiências característicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Malavolta (1979), uma das funções do potássio na planta é aumentar a resistência do caule, evitando assim, o acamamento. O cártamo possui essa característica, o que dificultaria, principalmente, a colheita mecanizada, portanto faz-se necessária a correta adubação potássica na cultura.

Figura 10 - Diâmetro do caule de planta de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função das doses de potássio



Notas: DC – Diâmetro do caule, K - Potássio, ** Significativo a 1%.

Fonte: Do autor, 2017.

Para as doses de nitrogênio, não houve diferença significativa, obtendo-se médias de 2,03 e 1,70 mm, para as avaliações aos sessenta e noventa dias após o plantio, respectivamente. Trabalhando com girassol, Braga (2009) obteve resultados diferentes nas avaliações, a partir do 33º dia após a semeadura, observando um incremento no diâmetro da planta, na medida em que se elevaram as doses de potássio. No entanto as avaliações realizadas, no primeiro mês do plantio, não apresentaram diferenças significativas.

Steer e Harrigan (1986), trabalhando com diferentes doses de nitrogênio, não obteve diferença significativa, para a concentração de óleo na semente, exceto pela pequena depressão, quando submetido a doses

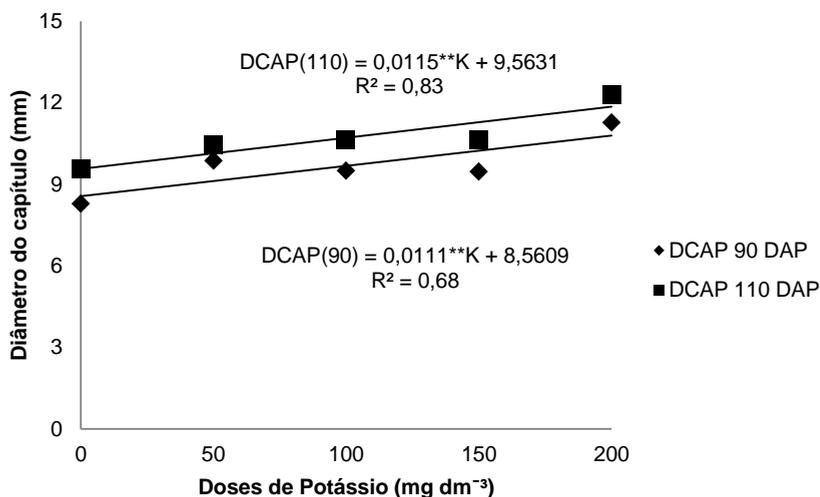
elevadas de nitrogênio após o aparecimento do botão floral no ápice principal.

4.4 Diâmetro do capítulo

A análise de regressão, para variável diâmetro do capítulo em relação às doses de potássio, mostrou que o melhor ajuste foi representado pelo modelo linear (FIGURA 11). Para ambas as avaliações (noventa e cento e dez dias após o plantio), observou-se que o aumento das doses de potássio proporcionou um incremento no diâmetro no capítulo das plantas de cártamo de 36 e 29 %, respectivamente. Constatou-se, também, um aumento no diâmetro do capítulo, na segunda avaliação, isso é decorrente da cultura já se encontrar, na fase de maturidade fisiológica, com o enchimento dos grãos, promovendo um maior diâmetro ao capítulo.

Um bom desenvolvimento do capítulo representa uma característica importante para alcançar uma boa produtividade na produção do cártamo, um maior diâmetro significa um maior número de sementes ou um enchimento maior das sementes. Segundo Abbadi, Gerendás e Sattelmacher (2008), o número de capítulos por planta e a massa por sementes estão fortemente correlacionadas com a produtividade do cártamo, assim como esses dois componentes de rendimento estão estritamente um para o outro.

Figura 11 - Diâmetro do capítulo de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função das doses de potássio



Notas: DCAP - Diâmetro do capítulo, K - Potássio, ** Significativo a 1%.

Fonte: Do autor, 2017.

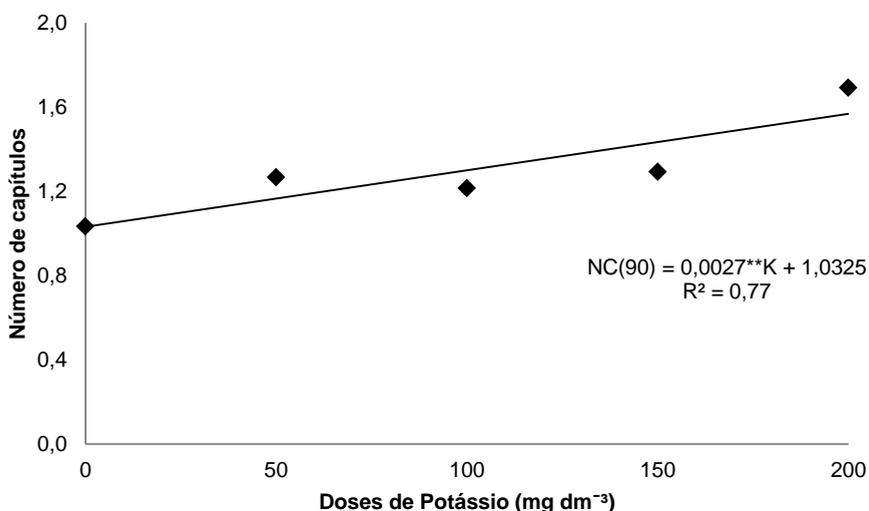
O diâmetro do capítulo não foi influenciado pelas doses de nitrogênio, apresentando médias de 9,66 e 10,71 mm para as avaliações aos noventa e cento e dez dias do plantio, respectivamente. Este resultado discorda do encontrado por Anicésio (2014), que trabalhando, também, com a cultura do cártamo, com doses de nitrogênio variando de 0 a 240 mg dm⁻³ obteve o melhor rendimento com a dose de 122 mg dm⁻³. No entanto, a partir dessa dose, houve um decréscimo no diâmetro do capítulo, o que mostra que a cultura do cártamo requer pouco nitrogênio.

4.5 Número de capítulos

As avaliações para número de capítulos foram realizadas, aos noventa dias após o plantio, apresentando efeito significativo apenas para as doses de potássio, em que se ajustou o modelo linear de regressão (FIGURA 12). As doses crescentes de potássio proporcionaram um maior número de capítulos, tendo um incremento de 50 % na maior dose em relação à testemunha (sem adubação potássica).

As doses de nitrogênio não apresentaram diferença significativa, tendo como média 1,30 unidades. Estudos sobre suprimento nutricional com nitrogênio vêm sendo realizados para essa cultura, buscando promover aumento nos componentes de produção (DORDAS; SIOULAS, 2008; YAU; RYAN, 2010; SAMPAIO *et al.*, 2016).

Figura 12 - Número de capítulo de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função das doses de potássio



Notas: NC - Número de capítulo, K - Potássio, ** Significativo a 1%.

Fonte: Do autor, 2017.

Embora as doses de nitrogênio não tenham apresentando efeitos, na produtividade da cultura, também não foram observadas características da deficiência deste nutriente que, segundo Taiz e Zeiger (2013), a deficiência extrema do nitrogênio deixa as folhas completamente amareladas, caindo das plantas, em seguida; já quando a deficiência é mais branda, os caules podem apresentar delgados e comumente lenhosos. Esta característica lenhosa é em razão do acúmulo excessivo de carboidratos impossibilitados de sintetizar aminoácidos ou outros compostos nitrogenados.

Shahrokhnia e Sepaskhah (2016), trabalhando com doses de 42 e 92 kg ha⁻¹, obteve um melhor rendimento de sementes de cártamo com a aplicação da menor dose. A aplicação de 92 kg ha⁻¹ aumentou o rendimento das sementes de forma insignificante, diminuindo a eficiência do uso do nitrogênio. Um maior rendimento de sementes corresponde a um maior desenvolvimento do capítulo ou a seu maior número.

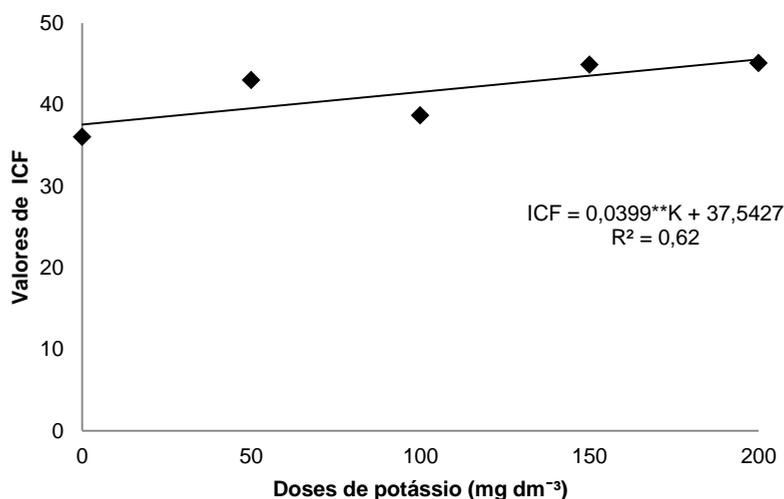
4.6 Índice relativo de clorofila

Para a característica índice de clorofila, observou-se efeito significativo apenas para as doses de potássio (FIGURA 13), adequando-se o modelo linear de regressão, apresentando-se maior valor (45,08), para a maior dose trabalhada (200 mg dm⁻³), indicando que a adubação potássica influenciou positivamente o teor de clorofila nas folhas de cártamo.

O conteúdo de clorofila nas folhas representa um parâmetro apropriado na avaliação da aquisição de nitrogênio pelas plantas e a resposta de uma cultura ao potássio é dependente da adubação nitrogenada (VIANA, 2007). As diferentes doses de nitrogênio estudadas neste trabalho apresentaram valores elevados de índice de clorofila, indicando condições ideais de absorção de potássio pela planta.

O potássio desempenha funções importantes, em processos osmóticos, na síntese de proteínas e na manutenção de sua estabilidade, na abertura e fechamento dos estômatos e na permeabilidade da membrana (MALAVOLTA, 2006). Plantas que apresentam deficiência de potássio mostram um desempenho fotossintético inferior, em virtude de a abertura estomática acontecer de forma irregular, diminuindo assim a entrada de CO₂ (PRADO, 2008).

Figura 13 - Índice relativo de clorofila em plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função de doses de potássio



Notas: ICF – Índice de clorofila Falker, K - Potássio, ** Significativo a 1%.

Fonte: Do autor, 2017.

Viana (2007), trabalhando com diferentes doses de nitrogênio e potássio, obteve efeito significativo na interação entre esses nutrientes, para o teor de clorofila nas folhas do trigo, visto que o valor máximo em unidades SPAD (57 unidades) foi fornecido pelas doses 240 e 174 mg dm⁻³, de nitrogênio e potássio, respectivamente.

Trabalhos científicos recentes têm demonstrado a resposta do cártamo à adubação potássica, em diferentes tipos de solo, como visto nos estudos de Anicésio *et al.* (2015), que observaram efeito positivo para as características; número de folhas, altura da planta, diâmetro do caule e número de capítulos, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz; no entanto, para o índice de clorofila, não apresentou diferença significativa, divergindo do resultado encontrado neste trabalho.

Para as doses de nitrogênio, não houve diferença significativa, no entanto apresentou valores elevados para todos os tratamentos, quando comparado com os valores apresentados para as doses de potássio, obtendo 41,45 como valor médio de índice de clorofila. Abbadi, Gerendás e Sattelmacher (2008), trabalhando com a adubação nitrogenada em cártamo e girassol concluiu que a cultura do cártamo é menos sensível à oferta inadequada de nitrogênio quando comparado com a cultura do girassol.

4.7 Massa seca da parte aérea total

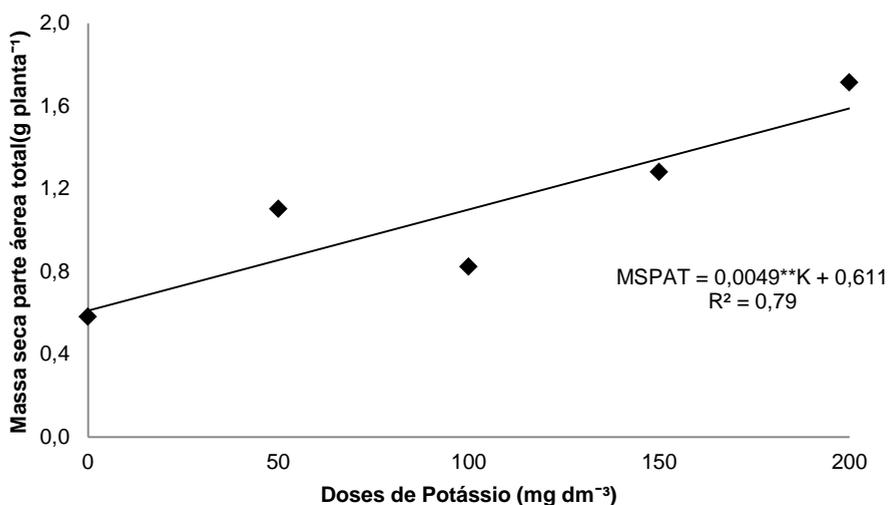
Com relação ao desenvolvimento das plantas, avaliando a massa seca da parte aérea, observa-se que as doses de potássio influenciaram positivamente a produção de biomassa, segundo modelo linear de regressão (FIGURA 14), com as doses mais elevadas proporcionando um incremento de quase 200 % quando comparado com a testemunha.

Corroborando estes resultados, a adição de potássio promoveu uma maior altura das plantas e, conseqüentemente, uma maior produtividade de massa seca aérea. Dourado (2015), em um trabalho desenvolvido com o girassol submetido a doses de potássio, obteve também um efeito positivo na produtividade de massa seca aérea.

Em função dos diversos papéis na planta, o potássio tem efeito direto na produção da maioria das culturas (PRADO, 2008). Assim, faz-se

necessária a adubação potássica, visto que esta é a forma de repor ao solo este nutriente que tem sua concentração reduzida em virtude de diversas perdas, tais como; por lixiviação, manejo inadequado do solo e pela extensa extração pelos vegetais (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007).

Figura 14 - Massa seca da parte aérea total em plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função de doses de potássio



Notas: MSPAT – Massa seca da parte aérea total, K - Potássio, ** Significativo a 1%.

Fonte: Do autor, 2017.

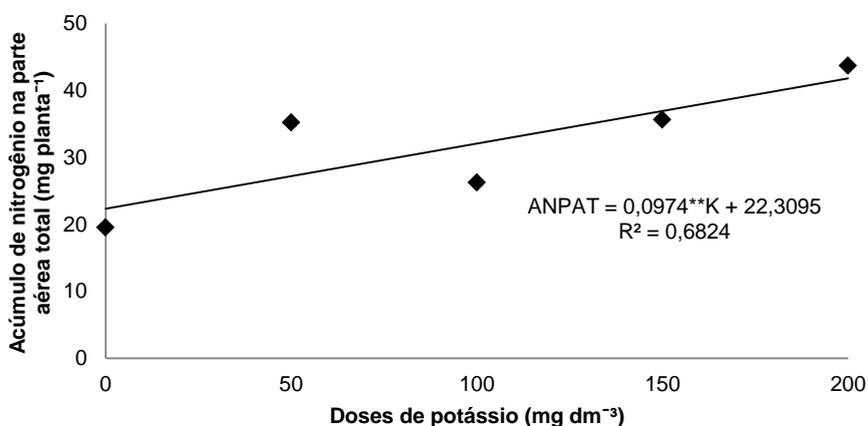
As doses de nitrogênio não influenciaram, significativamente, a produtividade da massa seca da parte aérea total, apresentando média de 1,10 g planta⁻¹. Este resultado diverge de alguns que obtiveram uma resposta positiva na produtividade do cártamo submetido a doses mais elevadas desse nutriente como o encontrado por Gerendas, Abbadi e Sattelmacher (2008).

No entanto alguns trabalhos alcançaram resultados parecidos. Yau e Ryan (2010), ao avaliar a produtividade de cártamo cultivado em solo argiloso e alcalino, em condições de sequeiro, submetidos às doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), não obtiveram efeito significativo na produtividade da cultura em função da aplicação do fertilizante.

4.8 Acúmulo de nitrogênio na massa seca da parte aérea total

O acúmulo de nitrogênio foi significativo para as doses de potássio e nitrogênio de forma isolada (FIGURAS 15 e 16). Observa-se um aumento linear na concentração de nitrogênio, na parte aérea total, na medida em que as doses de potássio foram elevadas, variando de 19,53 a 43,66 mg planta⁻¹, promovendo um incremento de 124%. A maior concentração de nitrogênio, nas doses mais elevadas de potássio, está relacionada com a importância do potássio na absorção do nitrogênio pela planta.

Figura 15 - Acúmulo de nitrogênio na parte aérea total em plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função de doses de potássio



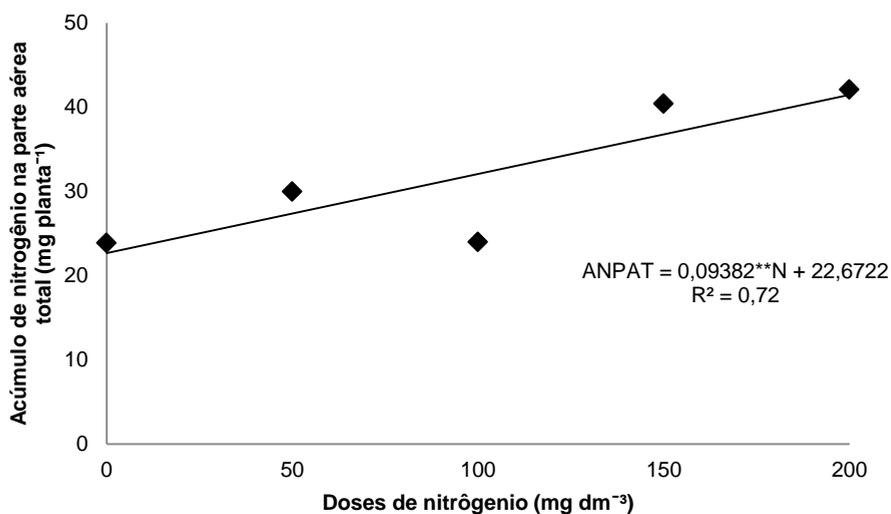
Notas: ANPAT – Acúmulo de nitrogênio na parte aérea total, K - Potássio, ** Significativo a 1%.

Fonte: Do autor, 2017.

O acúmulo de nitrogênio na parte aérea total foi influenciado positivamente pelas doses de nitrogênio, com doses mais elevadas promovendo um maior incremento no acúmulo do nutriente na matéria seca total. Para essa característica, adequou-se o modelo linear de regressão, variando o acúmulo de nitrogênio de 23,86 a 42,08 mg planta⁻¹, ocorrendo um aumento de 76 % na maior dose quando comparada com a testemunha.

As doses de nitrogênio não influenciaram a variável massa seca da parte aérea total, no entanto apresentaram efeito significativo para o acúmulo de nitrogênio (FIGURA 16); isso mostra que amostras semelhantes de matéria seca incorporam quantidade diferente do nutriente, com doses maiores promovendo um maior incremento.

Figura 16 - Acúmulo de nitrogênio na parte aérea total em plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função de doses de nitrogênio



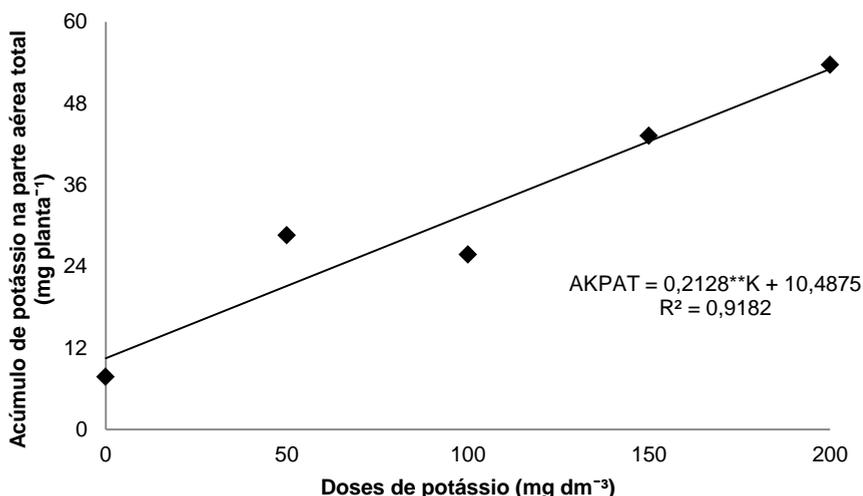
Notas: ANPAT – Acúmulo de nitrogênio na parte aérea total, N - Nitrogênio, ** Significativo a 1%.

Fonte: Do autor, 2017.

4.9 Acúmulo de potássio na massa seca da parte aérea total

O acúmulo de potássio na parte aérea total foi influenciado, significativamente, pelas doses de potássio, de forma isolada (FIGURA 17). Com os dados dessa variável ajustou-se o modelo linear de regressão, em função das doses de potássio. Por meio da equação de regressão, verificou-se que, para a maior dose (200 mg dm⁻³), o acúmulo de potássio foi quase seis vezes maior ao acumulado pela testemunha, 53,62 e 7,74 mg planta⁻¹, respectivamente.

Figura 17 - Acúmulo de potássio na parte aérea total em plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função de doses de potássio



Notas: AKPAT – Acúmulo de potássio na parte aérea total, K - Potássio, ** Significativo a 1%.

Fonte: Do autor, 2017.

As doses de nitrogênio não apresentaram diferença significativa, para o acúmulo de potássio, obtendo uma média de 31,77 mg planta⁻¹. O resultado apresentado neste trabalho discorda do encontrado por Anicésio (2014), que

obteve um acúmulo máximo de 763,9 mg vaso⁻¹, na dose de 90 mg dm⁻³ para a parte aérea da planta e um acúmulo de 325,5 mg vaso⁻¹, obtido na dose de 108 mg dm⁻³, para o capítulo da planta, cada vaso era constituído de quatro plantas.

4.10 Teores de nitrogênio e potássio na massa seca da parte aérea total

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os teores dos macronutrientes nitrogênio e potássio na massa seca da parte aérea total em função das doses submetidas. A Tabela 3 apresenta as equações de regressão, para os teores de nitrogênio na planta, em função das doses de nitrogênio aplicadas ao solo, dentro de cada uma das doses de potássio. Observa-se que esta característica apresentou um comportamento linear, para ambas as doses, visto que, na medida em que se elevaram as doses de nitrogênio, houve um maior teor de nitrogênio dentro de cada uma das doses de potássio, o que já era esperado, pois, no acúmulo desse nutriente, este efeito também foi constatado.

Tabela 3 - Equações de regressão, para os teores de N na planta, em função das doses de N aplicadas ao solo, em cada dose de potássio

Doses de potássio	Equações	R ²
0	$y = 0,133^{**}x + 24,52$	0,97
50 mg dm ⁻³	$y = 0,160^{**}x + 17,84$	0,94
100 mg dm ⁻³	$y = 0,112^{**}x + 20,31$	0,91
150 mg dm ⁻³	$y = 0,078^{**}x + 21,16$	0,92
200 mg dm ⁻³	$y = 0,110^{**}x + 13,86$	0,91

Fonte: Do autor, 2017.

Embora apresente um crescimento no teor de nitrogênio, em relação às suas doses, o mesmo não se observa para as doses de potássio; nota-se

um decréscimo no teor de nitrogênio na medida em que se elevaram as doses de potássio. A dose de 200 mg dm⁻³ promoveu um teor de nitrogênio 30% menor que a testemunha. Esse resultado está de acordo com o encontrado por Anicésio (2014), ao afirmar que o menor crescimento das plantas, na ausência de potássio, promove esse efeito na concentração do nutriente.

Tabela 4 - Equações de regressão, para os teores de K na planta, em função das doses de K aplicadas ao solo, em cada dose de nitrogênio

Doses de nitrogênio	Equações	R ²
0	$y = 0,134^{**}x + 13,38$	0,91
50 mg dm ⁻³	$y = -0,0001^{**}x^2 + 0,290^{**}x + 16,25$	0,93
100 mg dm ⁻³	$y = -0,0001^{**}x^2 + 0,195^{**}x + 17,48$	0,99
150 mg dm ⁻³	$y = -0,0001^{**}x^2 + 0,246^{**}x + 16,12$	0,98
200 mg dm ⁻³	$y = -0,0001^{**}x^2 + 0,202^{**}x + 19,49$	0,97

Fonte: Do autor, 2017.

A Tabela 4 apresenta as equações para os teores de potássio, na massa seca da parte aérea total, em função das doses de potássio aplicadas no solo, dentro de cada um das doses de nitrogênio. Observa-se um comportamento linear apenas para a testemunha, as outras doses adequaram-se ao modelo quadrático de regressão. O teor de potássio foi superior na ausência do nitrogênio, quando comparado com as demais doses, no entanto, para as doses de potássio, houve um aumento do teor até uma dose ótima, ocorrendo um decréscimo, a partir de então, apresentando um valor superior ao encontrado na dose testemunha.

5 CONCLUSÕES

O intervalo de doses estudadas para o potássio não é suficiente para obter a máxima resposta da cultura do cártamo.

A adubação potássica influencia positivamente o desenvolvimento do cártamo durante seu ciclo produtivo.

As plantas do acesso de cártamo estudado são pouco influenciadas pelas doses de nitrogênio.

REFERÊNCIAS

ABBADI, J.; GERENDAS, J.; SATTELMACHER, B. Effects of nitrogen supply on growth, yield and yield components of safflower and sunflower. **Plant and Soil**, v. 306, p.167-180, 2008.

ANICÉSIO, E. C. A de. **Nitrogênio e Potássio no cultivo do cártamo em latossolo vermelho**. 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso. Rondonópolis, 2014.

ANICÉSIO, E. C. A de; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A. da; KOETZ, M. Dry mass, nutrient concentration and accumulation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) influenced by nitrogen and potassium fertilizations. **Australian Journal of Crop Science**, p. 552-560, 2015.

ARANTES, A. M. Cártamo (*carthamus tinctorium* L.) **Produção de biomassa, grãos, óleo e avaliação nutritiva da silagem**. 2011. 34 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável). Nova Odessa, 2011.

BAGHERI, B; SAM-DAILIRI, M. Effect of water stress on agronomic traits of spring safflower cultivars (*Carthamus Tinctorius* L.). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.5, n.12, p. 2621-2624, 2011.

BRAGA, C. de L. **Doses de nitrogênio no desenvolvimento de girassol ornamental (*Helianthus annus* L.) de vaso**. 2009. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B., NEVES, J. C. L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

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

DANIELI, P. P.; PRIMI, R.; RONCHI, B.; RUGGERI, R.; ROSSINI, F.; PUGLIA, S. D.; CERETI, C. F. The potential role of spineless safflower (*Carthamus tinctorius* L. var. *Inermis*) as fodder crop in central Italy. **Italian Journal of Agronomy**, v.6, n.4, p. 19-22, 2011.

DORDAS, C. A.; SIOULAS, C. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. **Field Crops Research**, v.110, p. 35-43, 2009.

DORDAS, C. A.; SIOULAS, C. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 27, p. 75-85, 2008.

DOURADO, L. G. A. **Irrigação e adubação potássica no crescimento e produção de girassol**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2015.

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

ELFADL, E.; REINBRECHT, C.; FRICK, C.; CLAUPEIN, W. Optimizing of nitrogen rate and seed density for safflower (*Carthamus tinctorius*, L.) production under low-input farming conditions in temperate climate. **Field Crops Research**, v. 114, p. 2-13, 2009.

EMONGOR, V. Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.9, n. 6, p.299-306, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. **Potássio**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.551-594, 2007.

FAGUNDES, J. D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A. M de; BELLÉ, R. A.; STRECK, N. A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 987-993, 2007.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Crops 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 10 out. 2016.

GERENDAS, J.; ABBADI, J.; SATTELMACHER, B. Potassium efficiency of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 171, p. 431-439, 2008.

GUIDORIZZI, F. V. C. **Acumulo de macronutrientes e produtividade de genótipos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função da adubação nitrogenada no sistema de plantio direto**. 2016. 69 f. Dissertação (Mestre em Agronomia), Botucatu - SP, 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS**, 2017.

JESUS, F. N.; ALVES, A. C.; SANTOS, A. R dos; SOUZA, G. S de; CERQUEIRA, T. T. Mudanças de girassol submetidas a doses de potássio. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 16; p. 1554-1565, 2013.

JONES, J. P.; TUCKER, T. C. Effect of nitrogen fertilizer on yield, nitrogen content, and yield components of safflower. **Agronomy Journal**, v. 60, p. 363-364, 1968.

KIZIL, S.; ÇAKMAK, O.; KIRICI, S.; INAN, M. A comprehensive study on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in semi-arid conditions. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 4, n. 22, p. 947-953, 2008.

LANDAU, S.; FRIEDAN, S.; BRENNER, S.; BRUCKENTAL, I.; WEINBERG, Z. G.; ASHBELL, G.; HEN, Y.; DVASH, L.; LESHEM, Y. The value of safflower (*Carthamus tinctorius*) hay and silage grown under Mediterranean conditions as forage for dairy cattle. **Livestock Production Science**, v. 88, p. 263-271, 2004.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 4. ed. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres, 255 p. 1979.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638p. 2006.

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

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 469 p.

MOURA, P. C. S.; BORTOLHEIRO, F. P. de A.; GUIMARAES, T. M.; LEAL, D. P. V.; SILVA, M. de A. Características gerais e ecofisiologia do cártamo (*Carthamus tinctorius*). **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n. especial, p.136-150, 2015.

MÜNDEL, H. H.; BLACKSHAW, R. E.; BYERS, J. R.; HUANG, H. C.; JOHNSON, D. L.; KEON, R.; KUBIK, J.; MCKENZIE, R.; OTTO, B.; ROTH, B.; STANFORD, K. Safflower production on the Canadian Prairies: revisited in 2004. **Agriculture and Agri-Food Canada**. 36 p, 2004.

OEIKE, E. A.; OPLINGER, E. S.; TEYNOR, T. M.; PUTNAM, D. H.; DOLL, J. D.; KELLING, K. A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D. M. Safflower. **Alternative Field Crops Manual**, 1992. Disponível em: <<https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>> Acesso em: 03 mar. 2016.

OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. de C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. v. 1.

SAMPAIO, M. C.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; VASCONSELOS, E. S. de; SILVA, M. de A.; SECCO, D.; SILVA, T. R. B. da. Fertilizer improves seed and oil yield of safflower under tropical conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 589-595, 2016.

SHAHROKHANIA, M. H; SEPASKHAH, A. R. Effects of irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization on yield, water and nitrogen efficiencies of safflower. **Agricultural Water Management**, v. 172, p. 18-30, 2016.

SILVA, C. J. da. **Caracterização Agronômica e divergência genética de acessos de cártamo**. 2013. 51 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013.

SINGH, V.; NIMBKAR, N. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), In: SINGH, R., J.: **Genetic Resources Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oilseed Crops**, p. 168-194, 2006.

SRI-SHILPA, K.; DINESH-KUMAR, V.; SUJATHA, M. Agrobacterium-mediated genetic transformation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Plant Cell Tiss Organ Cult**, p. 387-401, 2010.

STEER, B.T.; HARRIGAN, E. K. S. Rates of nitrogen supply during different developmental stages affect yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Field Crops Research**, v.14, p. 221–231, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

VIANA, E. M. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo**. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

YAU, S. K.; RYAN, J. Response of rainfed safflower to nitrogen fertilization under Mediterranean conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 32, p. 318-323, 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. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Botucatu - SP, 2012.