UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

COLHEITA MECANIZADA DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst) NO CERRADO SUL-MATO-GROSSENSE

PRISCILA REGINATO

DOURADOS

MATO GROSSO DO SUL – BRASIL
2014

COLHEITA MECANIZADA DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst) NO CERRADO SUL-MATO-GROSSENSE

PRISCILA REGINATO
M.Sc. Engenheira Agrônoma

Orientador: PROF. DR. CRISTIANO MÁRCIO ALVES DE SOUZA

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2014

COLHEITA MECANIZADA DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst) NO CERRADO SUL-MATO-GROSSENSE

Por

Priscila Reginato

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de DOUTORA EM AGRONOMIA

Aprovada em: 18/02/2014

Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza
Presidente - UFGD

Prof. Dr. André Luis Duarte Goneli
Membro Titular - UFGD

Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando
Membro Titular - UFGD

Prof. Dr. Munir Mauad
Membro Titular - UFGD

Pesquisador Dr. César José da Silva
Membro Titular - EMBRAPA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R335c Reginato, Priscila.
Colheita mecanizada de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) no cerrado Sul-mato-grossense/ Priscila Reginato. – Dourados, MS: UFGD, 2014.
56f.

Orientador: Prof. Dr Cristiano Márcio Alves de Souza.
Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Plantas oleaginosas. 2. *Crambe abyssinica* Hochst. 3. Colheita mecanizada. I. Título.

CDD – 665

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

Aos meus pais,

Osmar Reginato e Maura Bonifácio Reginato,

E ao meu esposo Ramão Cardoso Nunes

exemplo de dignidade e trabalho dos quais me orgulho.

A minha avó Francisca (*in memorian*),

que sempre foi um exemplo de superação e vitória.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que me deu força e coragem para que eu vencesse todos os obstáculos que encontrei durante meus estudos, tornando este trabalho possível.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade concedida;

À Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural, pela oportunidade e apoio e aos colegas da instituição pela compreensão;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida e à FUNDECT/MS, pelo apoio financeiro;

Ao professor Cristiano Márcio Alves de Souza pela orientação, dedicação e contribuições indispensáveis a este trabalho;

Ao pesquisador Dr. César José da Silva, pelas sugestões na realização das atividades de campo com sua equipe da Embrapa Agropecuária Oeste.

A todos os professores, colegas da pós-graduação em Produção Vegetal e técnicos dos Laboratórios de Sementes (Vicente e Maria Izabel), pelo aprendizado partilhado, contribuições e convivência;

Ao Robson Gutierrez, Braiam Gomes, Rodrigo Moya, Gilmar Machado, Antônio João Martins, Ruth Mayara, Luan Soares, Jamilla Salinas e Julie Wenglity pela disposição e ajuda nas avaliações de campo e laboratoriais;

Aos servidores da Fazenda da UFGD e técnicos, pelo auxílio nos trabalhos de campo;

Enfim, a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho pudesse ser realizado.

SUMÁRIO

PÁGINA

LISTA DE FIGURAS..... vii

LISTA DEQUADROS..... ix

RESUMO GERAL..... x

ABSTRACT..... xii

INTRODUÇÃO GERAL..... 01

REFERÊNCIAS..... 04

ARTIGO I. PONTO DE COLHEITA DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst) NA REGIÃO DA GRANDE DOURADOS..... 06

RESUMO..... 06

ABSTRACT..... 07

1 INTRODUÇÃO..... 08

2 MATERIAL E MÉTODOS..... 09

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 14

4 CONCLUSÃO..... 20

5 AGRADECIMENTOS..... 21

6 REFERÊNCIAS..... 21

ARTIGO II. PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE SEMENTES DE CRAMBE **(*Crambe abyssinica*** Hochst**)**..... 23

RESUMO..... 23

ABSTRACT..... 24

1 INTRODUÇÃO..... 25

2 MATERIAL E MÉTODOS..... 26

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 32

4 CONCLUSÃO..... 37

5 AGRADECIMENTOS..... 37

6REFERÊNCIAS..... 37

ARTIGO III. QUALIDADE DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst), SUBMETIDAS COLHEITA MECANIZADA..... 39

RESUMO..... 39
ABSTRACT..... 40
1 INTRODUÇÃO..... 41
2 MATERIAL E MÉTODOS..... 42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 46
4 CONCLUSÃO..... 53
5 AGRADECIMENTOS..... 53
6 REFERÊNCIAS..... 53
CONCLUSÃO GERAL..... 56

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I. PONTO DE COLHEITA DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst) NA REGIÃO DA GRANDE DOURADOS..... 04

FIGURA 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) no período de março a agosto de 2012, Dourados-MS..... 11
FIGURA 2. Teor de água das sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013..... 15
FIGURA 3. Massa de mil sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013..... 16
FIGURA 4. Massa de mil sementes de crambe em função do teor de água de colheita. Dourados, 2013..... 17
FIGURA 5. Porção de sementes secas de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013..... 17
FIGURA 6. Massa específica das sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013..... 18
FIGURA 7. Massa específica das sementes de crambe em função do teor de água. Dourados, 2013..... 18
FIGURA 8. Germinação de sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013..... 19
FIGURA 9. Germinação de sementes de crambe em função do teor de água. Dourados, 2013..... 19
FIGURA 10. Teor de óleo das sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013..... 20

ARTIGO II. PERDAS QUANTITATIVAS NA COLHEITA MECANIZADA DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst)..... 23

FIGURA 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) no período de março a agosto de 2012, Dourados-MS..... 28
FIGURA 2. Taxa de alimentação de palhada em função da velocidade de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013..... 33
FIGURA 3. Capacidade de colheita (y) de crambe em função da velocidade de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013..... 33
FIGURA 4. Capacidade de colheita (y) de crambe em função da taxa de alimentação de palhada da colhedora (mog). Dourados, 2013..... 34
FIGURA 5. Perdas de crambe na plataforma de corte (y) em função da rotação do cilindro trilhador (R), para as respectivas velocidades de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013..... 35
FIGURA 6. Perdas de crambe nos mecanismos internos (y) em função da rotação do cilindro trilhador (R), para as respectivas velocidades de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013..... 36
FIGURA 7. Perdas totais de crambe (y) em função da rotação do cilindro trilhador (R), para as respectivas velocidades de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013..... 36

ARTIGO III. QUALIDADE DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst), SUBMETIDAS COLHEITA MECANIZADA..... 39

FIGURA 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) no período de março a agosto de 2012, Dourados-MS..... 44

FIGURA 2. Impurezas (Y) da massa de sementes em função da rotação (R) do cilindro trilhador da colhedora. Dourados, 2013..... 49

FIGURA 3. Danos mecânicos (Y) provocados nas sementes em função da rotação do cilindro trilhador da colhedora. Dourados, 2013..... 50

FIGURA 4. Vigor de sementes (%) de crambe em função da rotação do cilindro trilhador da colhedora. Dourados, 2013..... 50

FIGURA 5. Danos mecânicos (%) provocados às sementes de crambe em função da velocidade de deslocamento da colhedora. Dourados, 2013..... 51

FIGURA 6. Vigor de sementes (%) de crambe em função da velocidade de deslocamento da colhedora. Dourados, 2013..... 52

FIGURA 7. Produtividade de óleo (kg ha^{-1}) das sementes de crambe em função da velocidade de deslocamento da colhedora. Dourados, 2013..... 52

LISTA DE QUADROS

ARTIGOI. PONTO DE COLHEITA DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst) NA REGIÃO DA GRANDE DOURADOS..... 04

QUADRO 1. Atributos químicos e físicos das profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, do solo da área experimental. Dourados, UFGD, 2013…. 10

ARTIGOII. PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE SEMENTES DE CRAMBE **(***Crambe abyssinica* Hochst**)** 23

QUADRO 1. Atributos químicos e físicos das profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, do solo da área experimental. Dourados, UFGD, 2013…. 27

ARTIGOIII. QUALIDADE DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst), SUBMETIDAS COLHEITA MECANIZADA..... 39

QUADRO 1. Atributos químicos e físicos das profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, do solo da área experimental. Dourados, UFGD, 2013.... 43

QUADRO2. Coeficientes de correlação de Pearson para a velocidade de deslocamento (V), a rotação do cilindro trilhador (RO), o índice de dano mecânico (DM), a condutividade elétrica (COND), a produtividade de óleo (PO), o vigor de sementes (VIG), a germinação após colheita (TPG), a germinação 12 meses após colheita (TPG12), o índice de impureza de sementes (IMP) e a taxa de alimentação de palhada da colhedora (TX)..... 48

RESUMO GERAL

REGINATO, Priscila. Universidade Federal da Grande Dourados, Fevereiro de 2014. **Colheita mecanizada de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) no cerrado Sul-Mato-Grossense.** Orientador: Cristiano Márcio Alves de Souza. Co-orientador: André Luis Duarte Goneli e Leidy Zulys Leyva Rafull.

O *Crambe abyssinica* Hochst, pertencente à família das brassicaceae, é uma planta rústica, cultivada no inverno, pois é tolerante a geadas leves e resistentes a seca. Até pouco tempo, era utilizada apenas como cobertura do solo, porém devido ao alto teor de óleo contido nos grãos, o crambe tem sido cultivado como oleaginosa, sendo seu óleo empregado na indústria cosmética e para produção de biodiesel, e as áreas de produção tem aumentado, entretanto os conhecimentos acerca da produção de sementes são restritos. Dentre os fatores que afetam a qualidade das sementes estão a sua maturidade fisiológica e o processo de colheita. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade das sementes de crambe submetidas à colheita mecanizada, onde foram estudados o ponto de colheita das sementes, o desempenho da colhedora em função da velocidade de deslocamento e rotação do cilindro trilhador e a qualidade fisiológica das sementes colhidas. O trabalho foi conduzido à campo na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada no município de Dourados-MS, sendo cultivada a cultivar FMS Brilhante. No Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da UFGD/FCA foram realizadas as análises laboratoriais. Foram colhidas dez plantas da área útil da parcela, foram separados frutos verdes e secos, e caracterizou-se o teor de água e a massa específica, a massa de 1000 frutos, o teor de óleo e a germinação de sementes. Visando estudar as perdas qualitativas e quantitativas os tratamentos foram dispostos segundo delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4, sendo três velocidades de deslocamento (3,0; 5,0; 8,2 km h^{-1}) e quatro rotações do cilindro trilhador (400, 600, 800 e 1000 rpm). Quanto à colheita de crambe deve ser realizada até 105 dias após a semeadura, a partir deste período ocorre a diminuição da qualidade das sementes e queda dos frutos por deiscência. O máximo teor de óleo nas sementes foi obtido nos frutos colhidos aos 105,6 DAS, já o teor de água considerado ideal para o

armazenamento das sementes, 8,74%bu, ocorreu aos 109 DAS. A maior capacidade de colheita foi obtida com o aumento da taxa de alimentação e da velocidade de deslocamento da colhedora, independente da rotação do cilindro trilhador. As menores perdas na plataforma de corte, foram observadas na velocidade de 5,04 km h^{-1} e rotação do cilindro trilhador entre 650 até 1000 rpm, enquanto as perdas nos mecanismos internos e perdas totais foram menores na velocidade de deslocamento de 5,04 km h^{-1} e quando a rotação do cilindro trilhador esteve entre 700 a 900 rpm. Em geral, recomenda-se velocidade de 5,04km h^{-1}e rotação de 800 rpm para ter as menores perdas na colheita de crambe quando os frutos estiverem totalmente secos. Em relação à qualidade das sementes, o aumento da rotação do cilindro trilhador reduziu o seu vigor e proporcionou aumento do índice de impureza e de danos mecânicos. O menor percentual de dano mecânico, o maior vigor e maior produtividade de óleo das sementes de crambe foram obtidos com a maior velocidade de deslocamento da colhedora.

Palavras-chave: oleaginosa, sementes, perdas, qualidade.

GENERAL ABSTRACT

REGINATO, Priscila. Federal University of Grande Dourados, February of 2014.**Mechanized harvest of *Crambe abyssinica* Hochst the Cerrado biome of Mato-Grosso-Sul, Brazil.** Advisor: Cristiano Márcio Alves de Souza. Committee Members: André Luis Duarte Goneli and Leidy Zulys Leyva Rafull.

Crambe abyssinica Hochst, belonging to brassicaceae family, is a rustic plant that is cultivated in winter because it is tolerant to light frost and drought resistant. Until recently, crambe was used only as soil covering, but due to the high content of oil in grains, it has been cultivated as oleaginous, which oil have been used by cosmetic industry and for biofuel production and production areas had been increased, however, knowledge about seed production is restricted. Among the factors that affect the seed quality are its physiological maturity and harvest process. This work has as aim to evaluate the physiological quality of crambe seeds that were submitted to mechanical harvest. Harvest date of seeds, harvest performance as a function of speed of work and rotation of the threshing cylinder and harvested seed quality were studied. This work was carried out at field in the experimental area of Embrapa Agropecuaria Oeste, located in Dourados-MS, where FMS Brilhante cultivar was cultivated. In the laboratory of Machines and Agricultural Mechanization of UFGD/FCA the laboratory analysis were done. Ten plants from useful area of plot were harvested, green and dried fruits were separated, and water content and specific weight, the weight of 1000 fruits, oil content and seed germination were characterized. In order to study quality and quantity losses, treatments were disposed according randomized block design, in 3 x 4 factorial scheme, which were three speeds of work (3.0, 5.0, 8.2 km h^{-1}) and four rotations of the threshing cylinder (400, 600, 800 and 1000 rpm). Regarding to crambe harvest, it must be done until 105 days after sowing, from this date seed quality decreased and fruit fell by dehiscence. The maximum oil content in seed was obtained in fruits that were harvested on 105.6 DAS, while water content that is considered ideal for seed storage, 8.7%bu, occurred on 109 DAS. The highest harvest capacity was obtained with the increase of feeding rate and speed of work, independent on the rotation of threshing cylinder. The smallest losses for combine header were observed for 5.04 km h^{-1} speed and for 650 to 1000 rpm of rotation of threshing cylinder, while the

losses for internal mechanisms and total losses were smaller for 5.04 km h^{-1} speed of work and when the rotation of threshing cylinder was between 700 and 900 rpm. In general, it is recommended speed of 5.04 km h^{-1} and rotation of 800 rpm in order to obtain the smallest losses in crambe harvested when fruits were completely dried. In relation to seed quality, the increase of the rotation of threshing cylinder reduced its vigor and promoted increase of impurity rate and mechanical damages. The smallest percentage of mechanical damage, the highest vigor and oil production of crambe seeds were obtained with the highest speed of work.

Keywords: Oilseed, losses, seed quality.

INTRODUÇÃO GERAL

A maior parte de toda a energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão mineral e do gás natural. Contudo, a limitação destas fontes não renováveis, e os problemas ambientais gerados na produção desses combustíveis, despertam a preocupação pela procura de fontes de energia renováveis (GOLDEMBERG, 2009). A busca por energias alternativas levou ao desenvolvimento do biodiesel, que além do benefício ambiental, a sua produção poderá reduzir a importação de óleo diesel.

O Brasil é um dos países com maior potencial para a produção de combustíveis a partir de biomassa e que explora menos de um terço de sua área agriculturável. A introdução de biocombustíveis na matriz energética brasileira se deu através da Lei n° 11.097, de 13 de janeiro de 2005. A implantação do Programa Nacional de Biodiesel determinou a adição de biodiesel ao diesel, isso tem servido de incentivo para o estudo e a produção de diversas espécies vegetais como canola, crambe, girassol, dendê, mamona, pinhão-manso, entre outras, que possuem alto teor de óleo e podem ser cultivadas para a produção do biocombustível.

As extensas áreas territoriais, o clima tropical e subtropical do Brasil favorece a produção de matérias-primas vegetais para o biocombustível, entretanto a produção nacional encontra-se limitada devido a maior parte das culturas anuais, de ciclo primavera/verão, estarem voltadas para produção de alimentos. Há poucas espécies alternativas para produção de biodiesel, algumas como a canola, a colza e o crambe são cultivadas na safra outono/inverno, no sistema de rotação de cultura.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma cultura de estação amena que se desenvolve melhor em regiões semiáridas com dias quentes (21ºC a 32ºC), noites frias (10ºC a 15ºC) e baixa umidade (GLASER, 1996). É originário da região do mediterrâneo, tem sido cultivado em áreas tropicais e subtropicais da África, na Ásia, Europa, EUA e América do Sul (WEISS, 2000).

O aumento das áreas de cultivo nos últimos anos é devido principalmente ao interesse dos agricultores e agroindústrias pela alta produção de óleo da cultura. Os grãos do crambe podem apresentar 38% de óleo, que é constituído por até 57% de ácido erúcico, um ácido graxo de cadeia longa que tem alto valor industrial (CARLSON, 2007). Além da produção de biodiesel,seu óleo é utilizado na fabricação de sacos plásticos, cosméticos, produtos de higiene pessoal, detergentes para roupa, entre outros

e o subproduto, a torta, pode ser misturada a ração e fornecido para animais ruminantes (PITOL et al., 2010).

No estado do Mato Grosso do Sul há relatos de produtividade de 1.800 kg ha^{-1}, entretanto no geral, a produtividade tem variado entre 1.000 a 1.500 kg ha^{-1}. Segundo Knigths (2002) uma fase crítica para o sucesso da produção do crambe é o estabelecimento do estande inicial de plântulas, com população adequada o crambe será mais competitivo com as plantas invasoras e chegará ao ponto de maturação mais uniformemente possibilitando maiores rendimentos ao produtor, tanto no que diz respeito à produção de grãos para extração de óleo, quanto à produção de semente.

Dentre os fatores que afetam a qualidade das sementes estão a sua maturação fisiológica e o processo de colheita. A maturidade fisiológica é caracterizada pelo máximo acúmulo de biomassa seca nas sementes (DELOUCHE, 1971; CHAMMA et al., 1990; TEKRONY e EGLI, 1997). Por sua vez, Crookston e Hill (1978) e Ellis e Pieta Filho (1992), concordam que a maturidade fisiológica é alcançada quando não mais ocorrem acréscimos de biomassa seca nas sementes. Dessa maneira, a princípio, seria conveniente que a colheita se sucedesse logo após a maturidade fisiológica. Todavia, nessa fase, o teor de água das sementes em níveis adequados permite preservá-las por um período prolongado, possibilitando menor perda de vigor e da germinação ao longo do armazenamento (MARCOS FILHO, 2005).

Estudos sobre maturação de sementes é uma importante forma de conhecer o comportamento das espécies referente ao seu desenvolvimento reprodutivo, possibilitando, assim, prever o estabelecimento e a época adequada de colheita, o quê pode variar em função da espécie, cultivar, condições ambientais e época de colheita, tornando-se um aspecto importante na produção de sementes, por apresentarem reflexos diretos em sua qualidade (POPINIGIS, 1985).

A colheita mecanizada é considerada uma das etapas mais importantes do processo de produção, porém, se mal conduzida podem ocorrer perdas significativas, que reduzem a produtividade, diminuem a rentabilidade causando grandes prejuízos ao produtor (SGARBI, 2006).

As perdas na colheita são influenciadas tanto por fatores inerentes à cultura, como por fatores relacionados à colhedora (FERREIRA et al., 2007; CARVALHO FILHO et al., 2005). O processo produtivo do crambe pode ser totalmente mecanizado e um dos pontos importantes dessa mecanização é a regulagem da colhedora, a qual deve

considerar a cultura, o material genético, o teor de água da semente, a capacidade da colhedora e a finalidade do produto.

As perdas tornam-se mais graves, quando se associam a outras ocasionadas direta ou indiretamente por danos causados às sementes, que se manifestam imediatamente pela queda na qualidade fisiológica, durante o armazenamento e após a armazenagem. Sabe-se que no decorrer da colheita, a semente passa por uma série de impactos que afetam a sua qualidade, e, em muitos casos, não terá condições de ser armazenada por períodos longos de tempo. Estas perdas têm como principal fator a má regulagem das colhedoras e o inadequado teor de água das mesmas, no momento da colheita.

A busca por matérias-primas de baixo custo para produção de biodiesel torna-se necessária tanto do ponto de vista tecnológico, ambiental como econômico, objetivando a redução das perdas e aumentando a qualidade fisiológica das sementes através de uma colheita bem feita, considerando não apenas a operação em si, mas também o momento ideal para sua realização.

Nesse contexto, estudos sobre o ponto de colheita das sementes e o procedimento de colheita mecanizada de crambe fazem-se necessário, a fim de evitar perdas quantitativas e qualitativas, influenciadas pelo manejo da cultura e pela regulagem da máquina.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARLSON, A.S. et al. **Oil crop platforms for industrial uses.** Outputs from the EPOBIO project. Abr, 2007.

CARLSON, K.D., GARDNER, J.C., ANDERSON, V.L., AND HANZEL, J.J. Crambe: New crop success. In: JANICK, J. **Progress in New Crops.** Ed J.Janick p.306-322. ASHS Press, Alexandria, VA, USA. 1996.

CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J.W.; SILVA R.P.; ZAGO, M.S. Perdas na colheita mecanizada de soja no triângulo mineiro. **Revista Nucleus**, Ituverava, v.3, p.57-60, 2005.

CHAMMA, H.M.C.P.; MARCOS FILHO, J.; CROCOMO, O.J. Maturation of seeds of 'Aroana' beans and its influence on storage potential. **Seed Science and Technology**, v.18, n.2, p.371-382, 1990.

CROOKSTON, R.K.; HILL, D.S. A visual indicator of the physiological maturity of soybean seed. **Crop Science**, v.18, n.5, p.867-870, 1978.

DELOUCHE, J.C. Seed maturation. In: **Handbook of seed technology**. Mississippi State University, State College, p.17-21, 1971.

ELLIS, R.H.; PIETA FILHO, C. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. **Seed Science Research**, v.2, n.1, p.9-15, 1992.

FERREIRA, I.C.; SILVA, R.P.; LOPES, A.; FURLANI, C.E.A. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Engenharia na Agricultura**, v.15, p.141‑150, 2007.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova,** v.32, n.3, p.582-587, 2009.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005,495p.

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

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN. 289 p. 1985.

SGARBI, V.P. **Perdas na colheita de milho (*Zea mays* L.) em função da rotação do cilindro trilhador e umidades dos grãos.** Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 40f. 2006.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Accumulation of seed vigour during development and maturation. In: ELLIS, R.H.; BLACK, M.; MURDOCH, A.J. (ed.). **Proceedings of the fifth international workshop on seeds**. Reading, p.369-384, 1997.

WEISS, E.A. Oilseed Crops. Second Edition. **Blackwell Science.** 2000.

ARTIGO 1

Ponto de colheita de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) **na região da Grande Dourados**

RESUMO

O crambe é uma cultura oleaginosa, destinada para a indústria de cosméticos e alternativas para produção de biodiesel, cultivada na safra outono/inverno, no sistema de rotação de cultura. O objetivo deste trabalho foi estudar o processo de maturidade fisiológica de sementes de crambe para determinação do ponto de colheita. O experimento foi conduzido no período de julho a agosto de 2012, na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada no município de Dourados-MS e no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícolas da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD/FCA). O crambe foi cultivado em sistema de plantio direto, sendo utilizada a cultivar FMS Brilhante. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, constituídos por colheitas de sementes de crambe em diferentes intervalos. As colheitas foram realizadas aos 93, 97, 101, 105 e 109dias após a semeadura. Foram realizadas avaliações visuais da parte aérea das plantas, floração, folhas ramos e frutos, e foram analisados o teor de água, a massa específica e a massa de 1000 frutos, além do teor de óleo e a germinação de sementes. A colheita de crambe deve ser realizada até 105 dias após a semeadura, a partir deste período ocorre à diminuição da qualidade das sementes e queda das sementes por deiscência. O máximo teor de óleo nas sementes foi obtido nas sementes colhidas aos 105,6 DAS, já o teor de água considerado ideal para o armazenamento das sementes foi de 8,74%bu, ocorreu aos 109 DAS.

Palavras-chave: curva de maturação, biodiesel, oleaginosa.

Harvest date of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) in the region of Dourados

ABSTRACT

Crambe is an oleaginous crop destined to cosmetic industry and alternative for biofuel production. The aim of this work was to study the process of physiological maturity of crambe seeds for harvest date determination. The experiment was carried out from July to August, 2012, in the experimental area of Embrapa Agropecuaria Oeste, located in Dourados-MS and in the laboratory of Machines and Agricultural Mechanization of the Federal University of Grande Dourados (UFGD/FCA). Crambe was cultivated in no-tillage system and FMS Brilhante cultivar was used. Used experimental design was complete randomized with five treatments that were established by harvests of crambe seeds in different intervals. Visual evaluations of aerial parts of plants, flowering, leaves, branches and fruits were done and water content, specific weight and weight of 1000 fruits, besides oil content and seed germination, were analyzed. Crambe harvest must be done until 105 days after sowing, from this period the decreasing of seed quality and the falling of fruits by dehiscence occur. The maximum oil content in seeds was obtained in fruits that were harvested on 105.6 DAS, while water content that is considered ideal for seed storage, 8.7%bu, occurred on 109 DAS.

Keywords: maturation curve, biofuel, oleaginous.

1 INTRODUÇÃO

A implantação do Programa Nacional de Biodiesel determinou a adição de biodiesel ao diesel, isso tem servido de incentivo para a produção de diversas espécies vegetais potenciais na produção de biocombustível.

São poucas as alternativas de oleaginosas com potencial para utilização na produção de biodiesel em larga escala no Brasil, sem que haja concorrência com a produção de alimento. Culturas tradicionais, como girassol, amendoim e ainda outras poucas difundidas, como mamona, nabo-forrageiro, crambe, pinhão-manso, macaúba e cártamo necessitam ainda de estudos de adaptabilidade, melhoramento genético, sistemas de produção e desenvolvimento de uma cadeia produtiva eficiente.

Crambe abyssinica é uma planta da família Brassicaceae, originário da região mediterrânea. Possui elevado teor de óleo em suas sementes, até 38%, sendo a sua produção destinada para a indústria de cosméticos e produção de biodiesel (PITOL et al., 2010).

Devido ao baixo custo de produção, rusticidade, fácil adaptabilidade a solos eutróficos, tolerância à seca e a facilidade de extração do óleo, o crambe tem bom desempenho no campo, com produtividade variando de 1.000 a 1.500 kg ha^{-1} (PITOL et al., 2010). Tem ainda outras vantagens como o cultivo totalmente mecanizado, utilizando as mesmas máquinas existentes para produção de grãos miúdos, e a possibilidade de cultivo no inverno (ROSCOE et al., 2010), além de curto ciclo de produção, variando entre 90 a 100 dias (OPLINGER et al., 1991).

Como apresenta hábito de florescimento indeterminado, a produção de sementes de crambe, ocorre por um longo período, o que evidencia os efeitos da maturação fisiológica na qualidade das sementes. Portanto, conhecer a melhor época de colheita, evita sementes com variação nos estágios de maturação e potencial de crescimento (MARCOS FILHO, 2005; MEDEIROS et al., 2010).

Ao se aproximar do término do ciclo da cultura, as folhas tendem a secar e cair das plantas, a coloração das sementes e de pequenos ramos tende a amarelar, descendo pela base do caule, geralmente isso ocorre aos 90 a 100 dias após o plantio, atingindo o ponto de colheita (JASPER, 2009).

A obtenção de sementes com elevada qualidade depende da identificação precisa do momento ideal da colheita, o qual corresponde frequentemente à época em

que a maturidade fisiológica é atingida, coincidindo também com o momento de máximo acúmulo de massa seca, elevado vigor e alta percentual de germinação potencial (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

A qualidade da semente é definida como sendo o somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, os quais influenciam a capacidade de originar plantas de alta capacidade produtiva (POPINIGIS, 1985). De maneira geral a qualidade das sementes é influenciada pelos locais e épocas de cultivo, uma vez que fatores como temperatura, umidade do ar, precipitação e fotoperíodo variam com a estação do ano e com a latitude das regiões (MOTTA et al., 2002).

Estudos sobre maturação em sementes é uma importante forma de conhecer o comportamento das espécies referente ao seu desenvolvimento reprodutivo, possibilitando, assim, prever o estabelecimento e a época adequada de colheita das sementes, o que pode variar em função da espécie, cultivar, condições ambientais e época de colheita, tornando-se um aspecto importante na produção de sementes, por apresentarem reflexos diretos em sua qualidade (POPINIGIS, 1985).

A época ideal para colheita é um fator de grande importância para a obtenção de sementes de boa qualidade. As lavouras podem ser colhidas logo após as sementes alcançarem à maturação fisiológica, que corresponde ao estádio de desenvolvimento em que as plantas estão com as folhas amarelas, com as sementes mais velhas secas e com as sementes no seu desenvolvimento máximo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada no município de Dourados-MS, latitude 22°14’S, longitude 54°49’W, com altitude média de 452 m. No Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícolas da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD/FCA) foi realizada as análises laboratoriais.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos. Foram realizadas avaliações visuais a campo e análises laboratoriais. Nas avaliações visuais foram observados os seguintes parâmetros: presença ou ausência de flores, porcentagem de folhas e ramos verdes e secos, e porcentagem de frutos no chão devido à queda por atrito do vento ou deiscência.

Os tratamentos estudados foram constituídos pela colheita das sementes em diferentes números de dias após a semeadura (DAS) 93, 97, 101, 105 e 109. A colheita foi realizada manualmente, sendo colhidas 10 plantas ao acaso e levadas ao Laboratório de Sementes da UFGD/FCA para as análises laboratoriais.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, originalmente sob vegetação de cerrado, de textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999) e os atributos químicos e físicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm estão apresentados abaixo, no Quadro 1.

QUADRO1. Atributos químicos e físicos das profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, do solo da área experimental. Dourados, UFGD, 2013.

Atributos	Profundidade		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
pH em Água	5,54	5,62	5,71
pH em $CaCl_2$	4,80	4,90	5,00
Al	0,10	0,10	0,00
Ca	5,80	6,40	6,10
Mg	2,10	2,30	2,20
$H+Al^3$	7,31	7,08	5,26
K+	0,49	0,36	0,27
P ($Mehlich^{-1}$)	13,40	10,40	6,80
SB	8,39	9,06	8,57
CTC	15,70	16,14	13,83
CTC Efetiva	8,49	9,16	8,57
m%	1,18	1,09	0,00
V%	53,45	56,13	61,99
MO	32,22	30,45	28,91
Cu (mg dm^{-3})	15,90	16,70	15,90
Fe (mg dm^{-3})	24,70	27,30	30,40
Mn (mg dm^{-3})	108,70	94,00	83,10
Zn (mg dm^{-3})	2,60	2,40	2,20
Areia total	102,00	95,00	79,00
Limo	118,00	108,00	108,00
Argila (g kg^{-1})	780,00	797,00	813,00

Os dados climáticos de precipitação pluviométrica e de temperaturas máxima e mínima do período de condução do experimento à campo estão apresentados na Figura 1. Estes dados foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste. O volume acumulado de chuva para no período de março a agosto de 2012 foi de 806,6 mm, e a temperatura máxima média foi de 27,7^{o}C e a mínima média de 15,6^{o}C.

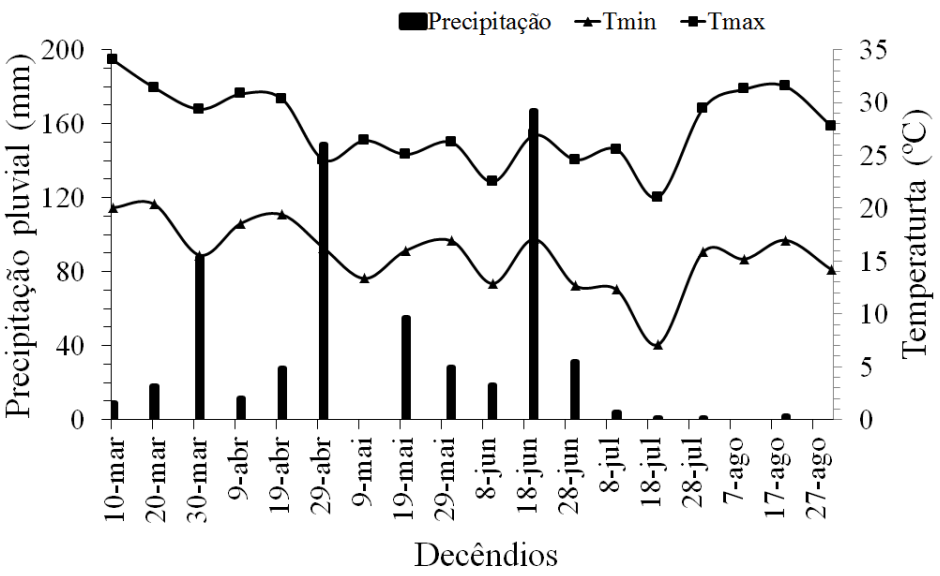


FIGURA 1. Precipitação pluvial e temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin)no período de março a agosto de 2012, Dourados-MS.

O crambe foi cultivado em sistema de plantio direto, sendo utilizada a cultivar FMS Brilhante. A semeadura foi realizada no dia 23/04/2012, sendo as sementes previamente tratadas com vitavax (150 g ia. L^{-1}) + thiram (350 g ia. L^{-1}) para 100 kg de sementes + água, na dose de 400 mL 100 kg^{-1} de semente, visando proteger o sistema semente-plântula contra a ação de fungos fitopatogênicos do solo.

Utilizou-se semeadora-adubadora de 16 linhas, modelo SHM 15/17, com espaçamento de 0,40 m entre linhas e regulada para semear 30 sementes por metro linear, de forma a se obter uma população de 625.000 plantas ha^{-1}, considerando que o lote de sementes possuía 84% de germinação. Em função da análise de fertilidade do solo foram utilizados 300 kg ha^{-1} da fórmula 8-20-20 (N-P-K), na adubação de base.

O manejo das plantas daninhas presentes na área experimental foi realizado com capina manual. Não ocorreu ataque de pragas e doenças na área que causassem perdas na colheita, portanto não houve necessidade de controle.

Em seguida, as sementes foram imediatamente separadas e classificadas como sementes verdes e secas e submetidas à determinação do teor de água das sementes, massa de mil sementes, porção de sementes secas, teor de óleo das sementes, massa específica aparente e germinação das sementes em função de dias após a semeadura. Também foi analisada a massa de mil sementes e a massa específica aparente em função do teor de água das sementes.

O teor de água das sementes foi determinado utilizando-se o método da estufa a 105±3ºC, por 24 horas, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL,

2009). Os resultados foram expressos em porcentagem com base na massa úmida da amostra.

Na determinação da massa de mil sementes foi separada oito subamostras de 100 grãos, por repetição. Em seguida as sementes de cada subamostra foram pesadas em balança de precisão, com resolução de 0,001 g, e o resultado da determinação foi calculado multiplicando-se por 10 a massa média obtida das oito repetições de 100 sementes, de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

As porções de sementes secas e verdes foram separadas manualmente e pesadas em balança de precisão, com resolução de 0,001 g.

As análises do teor de óleo nas sementes do crambe foram obtidas pelo método Soxchlet, descrito por Lara (1985), e realizadas no Laboratório de Agroenergia da Embrapa Agropecuária Oeste.

A massa específica aparente das sementes foi determinada após a medida de produtividade de cada subparcela, medindo-se em uma proveta graduada de 1,0 L de frutos e depois pesou-se em balança de precisão, com resolução de 0,001 g.

O teste de germinação foi realizado em quatro repetições, com 50 frutos por repetição. As sementes foram acondicionadas em pape germiteste umedecidos com água destilada equivalente a 2,5 vezes a sua massa original. As sementes foram acondicionadas em germinador com a temperatura de 25 ± 2ºC. A avaliação do total de frutos que germinaram foi realizada no 7º (sétimo) dia após a implantação do teste, sendo computada a porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Na comparação entre os dados observados e aqueles obtidos de modelos matemáticos, utilizou-se a combinação do teste F modificado por Graybill (Equação 1), do teste t aplicado ao erro médio (Equação 2) e da variância explicada (R^2), conforme Leite e Oliveira (2002). Foram utilizados 5% de probabilidade nas análises.

$$F(H_0) = \frac{(\beta - \theta)'(Y_1'Y_1)(\beta - \theta)}{2QMR} \sim F_{\alpha}(2, n-2) \quad (1)$$

$$t_{\bar{e}} = \frac{\bar{e} - 0}{S_{\bar{e}}} \sim t_{\alpha}(n\text{-}1) \quad (2)$$

Sendo:

$$\beta = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\theta = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

$$Y_1^{'} Y_1 = \begin{bmatrix} n & \sum Y_1 \\ \sum Y_1 & \sum Y_1^2 \end{bmatrix} \tag{5}$$

$$S_{\bar{e}} = \frac{S_e}{\sqrt{n}} \tag{6}$$

em que,

Y_1 - vetor de valores padrões (eixo das abscissas);

β - vetor de coeficientes (β_0 e β_1);

QMR - quadrado médio do resíduo da regressão;

$\bar{e}$ - erro relativo médio;

$S_{\bar{e}}$ - desvio padrão do erro médio;

S_e - desvio padrão;

n - número de observações;

α - significância do teste F;

$t_{\bar{e}}$ - valor do teste t do erro médio;

H_0: $\beta' = [0 \;\; 1]$.

O erro relativo médio entre os dados observados e estimados foi determinado utilizando-se a Equação 7, considerando-se que o erro (Equação 8) é uma variável que segue uma distribuição normal e ocorre ao acaso, pode-se testar a hipótese (H_0: $\bar{e} = 0$) que o erro relativo médio é zero:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i}^{n} \frac{Y_{ji} - Y_{1i}}{Y_{1i}}}{n} \tag{7}$$

$$e = \frac{Y_j - Y_1}{Y_1} \tag{8}$$

em que,

Y_j - vetor de valores alternativos (eixo das ordenadas);

e - erro relativo;

i = 1, 2, ..., n.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações sobre as condições ambientais durante a condução do trabalho em campo foram registradas. A temperatura máxima diária variou de 24,7 a 31,5°C e a mínima de 11,8 a 18,5°C. Essas faixas são consideradas favoráveis ao desenvolvimento da cultura de *Crambe abyssinica.* O período de maior precipitação ocorreu no final dos meses de março e abril de 2012, período de estabelecimento da cultura, favorecendo o desenvolvimento das plantas. No mês de junho obtiveram-se maiores valores de precipitação, favorecendo a cultura que estava no estádio de florescimento e enchimento de grãos. O período com a menor média de precipitação aconteceu no final de julho e agosto, o quê também foi favorável, pois coincidiu com a época da colheita, uma vez que as plantas estavam em fase final de produção. Alta umidade afetaria a qualidade das sementes.

Na primeira avaliação, aos 94 dias observaram-se a campo presença de folhas secas no baixeiro das plantas, ramos secos na parte superior das plantas. Ausência de flores nas plantas e de frutos maduros no chão. Aos 97 DAS, as plantas apresentavam ramos verdes e secos na parte superior, presença de poucas folhas verdes na porção inferior das plantas e detectada presença de frutos maduros no solo. Quatro dias após a segunda avaliação, aos 101 DAS foi feita a terceira avaliação e já não foram observadas folhas verdes nas plantas, entretanto ramos verdes ainda foram observados e no terço médio e superior das plantas verificou-se a predominância de ramos secos. Na quarta avaliação, 105 DAS, foi observado ausência de folhas verdes, predominância de ramos secos, sendo os verdes localizados no terço médio e superior das plantas. A quantidade de sementes secas estava próxima de 90%. Aos 109 DAS, na última avaliação, foram detectados 100% das sementes secas, ausência de folhas verdes nas plantas, poucos ramos verdes, e presença de aproximadamente 7% de frutos deiscentes sob o solo.

A estimativa do teor de água das sementes de crambe em função dos DAS está apresentada na Figura 2. Pode-se verificar que houve diminuição do teor de água das sementes com o aumento dos dias de desenvolvimento da cultura (Figura 2). As sementes de crambe apresentaram teor de água de 40%bu aos 94 dias após a semeadura, teor esse considerado como indicador de maturação fisiológica de diversos grãos, e de 10%bu aos 108 dias, teor considerado seguro para armazenamento das sementes. Oliveira (2012) avaliou a maturação fisiológica de feijão caupi, e verificou que o teor de

água das sementes foi reduzido no decorrer das colheitas e, no entanto, variou entre as cultivares. Provavelmente, este fato ocorreu devido ao processo de desidratação natural das sementes durante a maturação das plantas.

Segundo Marcos Filho (2005), no momento em que cessa a transferência de matéria seca da planta para as sementes, estas apresentam potencial fisiológico máximo. Para Copeland (1976), a maturidade da semente é, algumas vezes, considerada como o estágio do desenvolvimento da semente que produz o máximo de vigor de plântulas sob condições adversas de germinação. A qualidade máxima da semente (com respeito à germinação e ao vigor) é tradicionalmente associada à máxima acumulação da matéria seca, chamado também de maturidade fisiológica ou maturidade de massa (CASTRO et al., 2004).

Considerando o que foi exposto no que diz respeito à fisiologia dos grãos, à partir dos 94 DAS as sementes de crambe com teor de água de 40%bu estão aptos a serem colhidos, entretanto considerando aspectos econômicos recomenda-se a colheita à partir dos 108 dias, com secagem natural de sementes no campo, pois as condições climáticas da região de Dourados no período de colheita são favoráveis. Aos 109 DAS às sementes apresentaram 8,74%bu, teor de água considerado ideal para o armazenamento das sementes.

Nakagawa et al. (2010) estudaram a maturação de sementes de canafístula, afirmaram que o teor de água das sementes frescas diminuiu gradativamente da primeira (35 DAA) à quinta colheita (63 DAA), já entre a penúltima e a última colheita, observou-se a perda mais rápida. Consequentemente com o decréscimo do teor de água, ocorreu o acúmulo da massa seca.

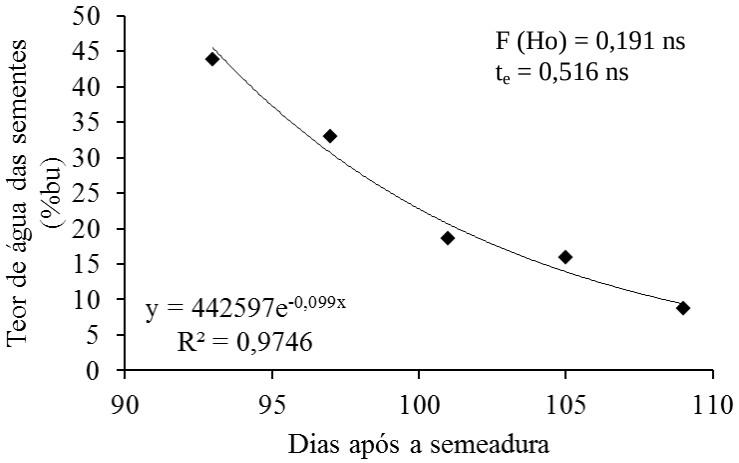


FIGURA 2. Teor de água das sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013.

Houve diminuição da massa de mil sementes com o aumento dos DAS, sendo que o mínimo valor ocorreu aos 105,7 DAS, mantendo estável a partir daí (Figura 3), o que leva a concluir que as sementes atingiram a maturidade fisiológica. Corroborando com os resultados, Oliveira (2012) verificou que houve redução para o peso de mil grãos de feijão caupi, a partir da sexta colheita. Segundo Carvalho e Nakagawa (1999), este fato está relacionado à redução da umidade das sementes e de massa seca perdida por respiração, na qual a semente atinge o conteúdo de matéria seca para o qual está geneticamente programada.

Pode-se observar que a massa de mil sementes também reduziu o menor teor de água da colheita das sementes, apresentando valor mínimo de 11,4%bu. Abaixo desse teor seus valores permaneceram constantes (Figura 4), fato que também se relaciona à redução da umidade das sementes e de massa seca perdida por respiração.

O atraso da colheita acarreta sérios inconvenientes determinados pela exposição relativamente prolongada das sementes às condições menos favoráveis do ambiente. Podem ocorrer quedas do potencial fisiológico e da quantidade produzida em espécies que exibem deiscência das sementes ou degrana natural das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Ocorrendo secagem excessiva, estas sementes tornam-se mais sensíveis a danos mecânicos durante o período de colheita e pré-processamento. Em sementes que secam naturalmente, o envelhecimento e a deterioração podem ocorrer enquanto ainda estiverem na planta.

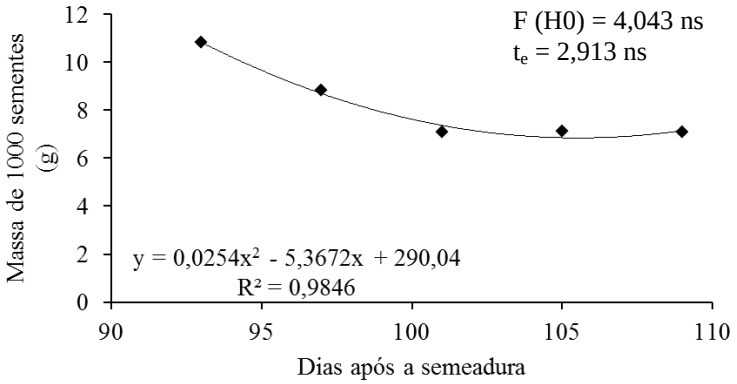


FIGURA 3. Massa de mil sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013.

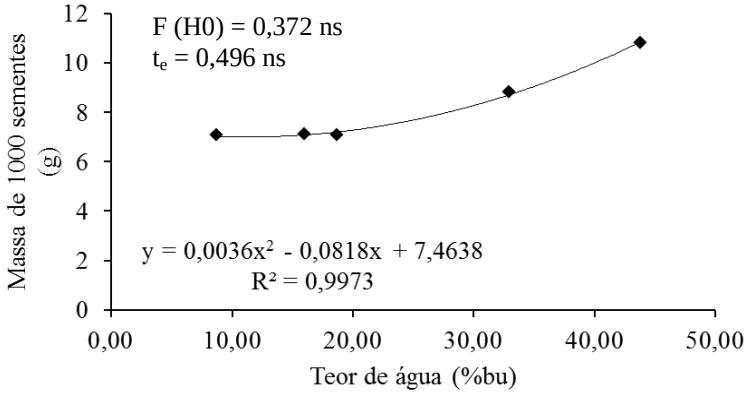


FIGURA 4. Massa de mil sementes de crambe em função do teor de água de colheita. Dourados, 2013.

Analisando o ponto de colheita das sementes com base na avaliação visual da coloração das mesmas, verificou-se que a partir de 93DAS já havia sementes secas, com aumento quadrático com o incremento até 108 dias, onde todas as sementes se encontravam com tegumento de coloração marrom (Figura 5). A desuniformidade no momento da colheita pode ser atribuída a não homogeneidade da lavoura, pois o crambe é uma planta de crescimento indeterminado, com população segregante, devendo, portanto ser realizada a dessecação antes da colheita. A identificação visual do ponto de colheita contribui para detectar a época em que as sementes apresentam a máxima qualidade ou encontram-se muito próxima desse nível (MARCOS FILHO, 2005).

Nakagawa et al. (1999), avaliaram a maturação de sementes de azevém, verificaram que a partir da terceira colheita iniciaram as diferenciações de coloração, com o surgimento de espigas com ápices das espiguetas amarelos e espigas com ápice amarelo-palha.

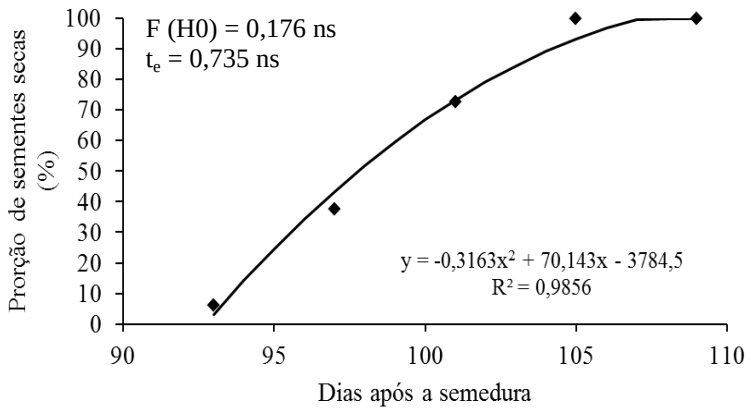


FIGURA 5. Porção de sementes secas de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013.

Houve redução da massa específica das sementes de crambe com a proximidade do fim do desenvolvimento das sementes, aos 105 dias obteve-se o mínimo valor da massa específica de 311,2 kg m^{-3} (Figura 6). Analisando a influência do teor de água sobre a massa específica de sementes de crambe, pode-se observar que há aumento de seus valores com o teor de água das sementes. A mínima massa específica das sementes de crambe foi de 318,6 kg m^{-3}, e ocorreu no teor de água de 14,5%bu (Figura 7).

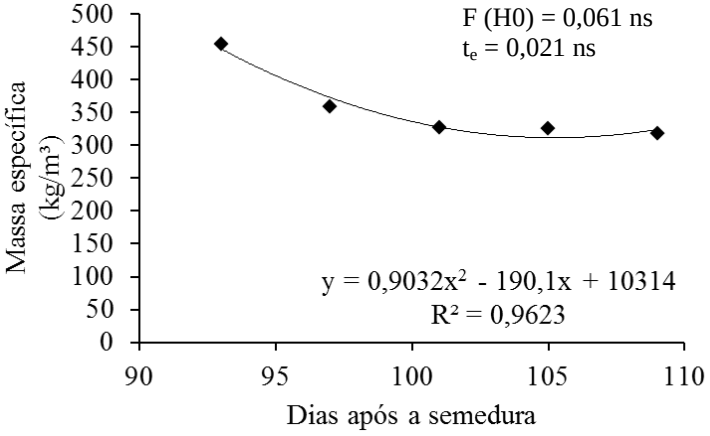


FIGURA 6. Massa específica das sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, UFGD, 2013.

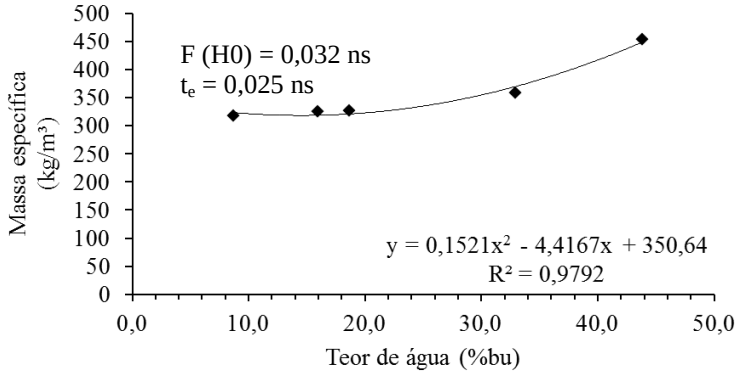


FIGURA 7. Massa específica das sementes de crambe em função do teor de água. Dourados, UFGD, 2013.

Os testes de germinação foram realizados no mesmo período para todas as épocas de colheita, devido ao acúmulo de materiais para realizar a limpeza e os demais testes. A Figura 8 apresenta aumento no comportamento germinativo das sementes, na qual foi encontrada uma tendência quadrática em função de dias após a semeadura, sendo que, apenas a segunda colheita (97 DAS) apresentou germinação abaixo de 70%. Resultados semelhantes foram observados na germinação em função do teor de água,

que não influenciou na germinação das sementes (Figura 9), mas pode ser observado que a maior germinação obtida (80%) ocorreu quando os teores de água estavam abaixo de 15 %bu.

Na cultura do feijão caupi, Oliveira (2012) observou que o percentual de germinação atingiu o seu máximo aos 30 dias após a antese, para a cultivar BRS Nova era, com 98,09%, e aos 35 dias após a antese, para as cultivares BRS Guariba, com 99,25%, e BRS Maratoã, com 98,56%, inferindo para estas colheitas o ponto de maturidade fisiológica das sementes.

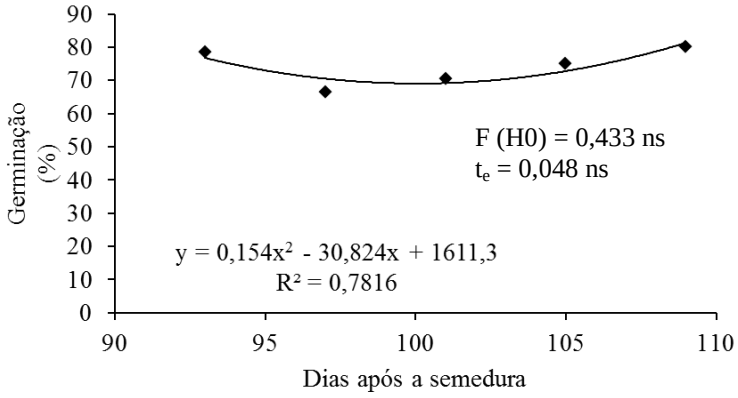


FIGURA 8. Germinação de sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013.

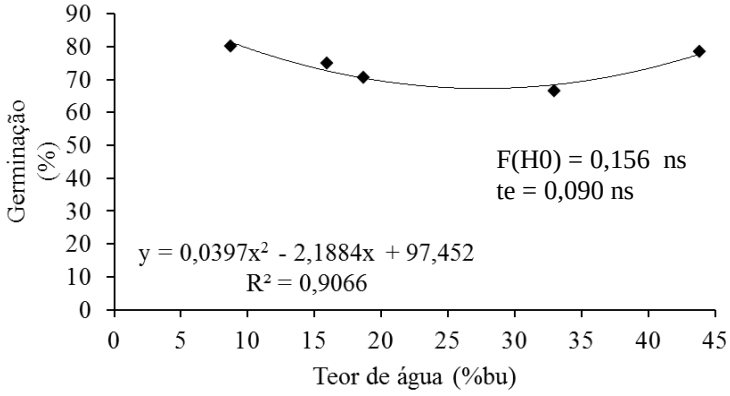


FIGURA 9. Germinação de sementes de crambe em função do teor de água. Dourados, 2013.

Houve aumento no teor de óleo das sementes de crambe dos 93 aos 109 DAS. O máximo teor de óleo das sementes de crambe foi obtido aos 105,6 dias, com valor acumulado de 34,9% (Figura 10). Este aumento do teor de óleo na fase final de formação das sementes de crambe está de acordo com o observado para outras oleaginosas como soja e girassol (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Isso se

evidencia a necessidade de aguardar o momento da colheita até que as sementes encontrem-se completamente secos, resultando em menor porcentagem de umidade, maior teor de matéria seca e maior porcentagem de óleo, o que vai resultar em menores custos com secagem e maior rendimento. Por outro lado a partir dos 105 DAS ocorre grande porcentagem de degrana natural das sementes, o que resulta em altas perdas de produtividade na colheita.

A estimativa do teor de óleo presente nas sementes de crambe durante seu desenvolvimento está apresentada na Figura 10, observa-se que houve um aumento de seus valores com o incremento do tempo. O máximo teor de óleo das sementes de crambe foi obtido aos 105,6 dias, com valor acumulado de 34,9%. A produtividade média do crambe na área experimental foi de 1.259 kg ha^{-1}, com valor mínimo de 1.174,9 e máximo de 1.353,1 kg ha^{-1}, proporcionando uma produtividade de óleo de 439,4 kg ha^{-1}.

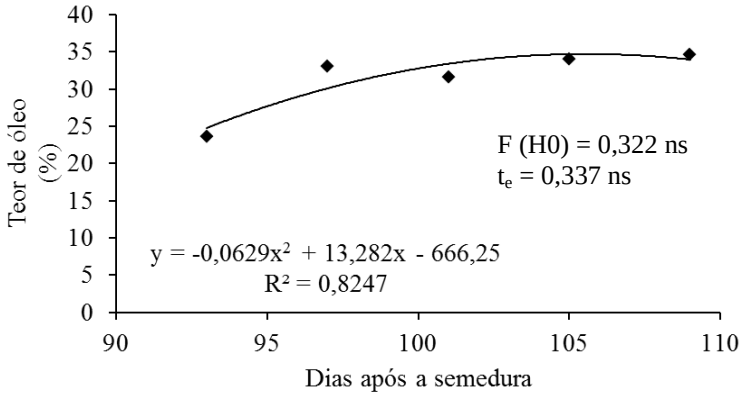


FIGURA 10. Teor de óleo das sementes de crambe em função do tempo de desenvolvimento da cultura. Dourados, 2013.

4 CONCLUSÃO

A colheita de crambe deve ser realizada até 105 dias após a semeadura, a partir deste período ocorre à diminuição da qualidade das sementes.

O máximo teor de óleo nas sementes foi obtido nas sementes colhidas aos 105,6 DAS.

O teor de água de 8,74%bu considerado bom para o armazenamento das sementes ocorreu aos 109 DAS.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT e à FINEP, pelo apoio financeiro para realização da pesquisa. À CAPES e ao CNPq, pelas bolsas concedidas. À SUCITEC/SEMAC e ao Bioenergia-MS, pelo apoio à pesquisa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF, 365p. 2009.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 590 p. 2012.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A.G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, p.51-67, 2004.

COPELAND, L.O. **Principles of seed science and technology.** Minneapolis: Burgess, 369p. 1976.

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

LACERDA, A.L.S. Fatores que afetam a maturação e qualidade fisiológica das sementes de soja (G*lycine max* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 17, p. 132- 137, 2007.

LARA, A.B.W.H.; NAZARIO, G.; PREGNOLATO, W. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. v. 1, p. 302-30. 1985.

LEITE, H.G.; OLIVEIRA, F.H.T. Statistical procedure totes identity between analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis,** v.33, p.1105-1118, 2002.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Piracicaba: FEALQ, 495p. 2005.

MEDEIROS, M.A.; GRANGEIRO, L.C.; TORRES, S.B.; FREITAS, A.V.L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.3, p.17-24, 2010.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; FELTRAN, J.C.; OLIVEIRA, R.L. Maturação de sementes de azevém-anual (*Lolium multilorum* Lam.). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 21, no 1, p. 174-182, 1999.

NAKAGAWA, J.; MORI, E.S.; PINTO, C.S.; FERNADES, K.H.P.; SEKI, M.S.; MENEGHETTI, R.A. Maturação e secagem de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert (canafístula). **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.49-56, 2010.

OLIVEIRA, G.P.**Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 99f. 2012.

OPLINGER, E.S.; OELKE, E.A.; KAMINSKI, A.R.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R.; NOETZEL, D.M. **Crambe: alternative Field crops manual**. University of Wisconsin and University of Minnesota. St. Paul, July 1991. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>. Acesso em: 27/05/2013.

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

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN. 289 p. 1985.

ROSCOE, R.; BROCH, D.L.; RANNO, S.K. Efeito de adubações de plantio e cobertura sobre a produtividade de crambe cv. Fms brilhante após soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4, SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p 652-657. 2010.

SILVEIRA, M.A.M.; VILLELA, F.A.L; TILLMANN, M.Â.A. Maturação fisiológica de sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.2, p.31-37, 2002.

ARTIGO II

Perdas na colheita mecanizada de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)

RESUMO

São poucas as alternativas de oleaginosas com potencial para utilização na produção de biodiesel em larga escala no Brasil. A busca de espécies alternativas para compor os sistemas de produção é de fundamental importância, principalmente, para ser semeadas no período de inverno, contribuindo também para o estabelecimento de rotação de cultura com a soja e o milho semeados no verão. Em função da grande facilidade de debulha do crambe o que pode causar perdas na colheita, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar diferentes velocidades de colheita e aceleração do cilindro. Foram utilizadas sementes da cultivar FMS Brilhante. Os tratamentos foram dispostos segundo o delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4, sendo três velocidades de deslocamento (3,0; 5,0 e 8,2 km h^{-1}) e quatro rotações do cilindro trilhador (400, 600, 800 e 1000 rpm)com quatro repetições. A capacidade de colheita foi maior com o aumento da taxa de alimentação e da velocidade de deslocamento da colhedora, independente da rotação do cilindro trilhador. As menores perdas na plataforma de corte, foram observadas na velocidade de 5,04 km h^{-1} e rotação do cilindro trilhador entre 650 até 1000 rpm, enquanto as perdas nos mecanismos internos e perdas totais foram menores na velocidade de deslocamento de 5,04 km h^{-1} e quando a rotação do cilindro trilhador esteve entre 700 a 900 rpm. Em geral, recomenda-se velocidade de 5,04 km h^{-1}e rotação de 800 rpm para ter as menores perdas na colheita de crambe quando os frutos estiverem totalmente secos.

Palavras-chave: biodiesel, velocidade de deslocamento, cilindro trilhador

Losses in mechanical harvest of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) seeds

ABSTRACT

The alternatives of oleaginous with potential for using in biofuel production in large scale are small in Brazil. The searching for alternative species to establish production systems is very important, mainly, for sowing in cold season, which contribute for crop rotation establishment with soybean and corn sowed in summer. By the great facility of crambe threshing, what can cause harvest losses, this work was developed with the aim of evaluating different speed of harvest and cylinder acceleration. This work was carried out at field in the experimental area of Embrapa Agropecuaria Oeste, in Dourados-MS, and in the laboratory of Machines and Agricultural Mechanization of the Federal University of Grande Dourados (UFGD/FCA), where the laboratory analysis were done. Seeds of FMS Brilhante cultivar was used. Treatments were established according randomized block design, in 3 x 4 factorial scheme, which were three speed of work (3.0; 5.0; 8.2 km h^{-1}) and four rotations of the threshing cylinder (400, 600, 800 and 1000 rpm), with four replications. Harvest capacity was higher with the increase of feed rate and speed of work, independent on rotation of threshing cylinder. The smallest losses for combine header were observed for 5.04 km h^{-1} speed and for 650 to 1000 rpm of rotation of threshing cylinder, while the losses for internal mechanisms and total losses were smaller for 5.04 km h^{-1} speed of work and when the rotation of threshing cylinder was between 700 and 900 rpm. In general, it is recommended speed of 5.04 km h^{-1} and rotation of 800 rpm in order to obtain the smallest losses in crambe harvested when fruits were completely dried.

Keywords: Biofuel, speed of work, cylinder rotation.

1 INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes alternativas de energia tem despertado o interesse de agricultores para o cultivo de plantas oleaginosas, dentre elas, como, por exemplo, o *Crambe abyssinica* Hochst. Trata-se de uma planta que, até pouco tempo, era utilizada apenas como forrageira. É uma planta da família Brassicaceae, de origem mediterrânea, também pode ser utilizada na rotação de culturas e cobertura de solos nos plantios de inverno. Devido ao alto teor de óleo nas sementes, passou a ser pesquisada como matéria-prima para o biodiesel. O fruto é do tipo cariopse, contendo quantidades de óleo entre 36 e 38%, sendo a sua produção destinada para a indústria de cosméticos e produção de biodiesel (PITOL et al., 2010, SOUZA et al., 2009).

Caracteriza-se por ser um vegetal rústico, desenvolve-se em condições climáticas diferenciadas, desde geadas leves até climas quentes e secos. Apresenta baixo custo de produção e facilidade na extração do óleo (PITOL et al., 2010). Tem curto ciclo de produção, variando entre 90 a 110 dias, sendo, portanto ideal para ser cultivada na entressafra. Outra vantagem está relacionada ao fato do cultivo do crambe ser totalmente mecanizado, utilizando as mesmas máquinas existentes para grãos miúdos (OPLINGER et al., 1991; ROSCOE et al., 2010).

A colheita mecânica, por exemplo, apresenta uma série de vantagens em relação aos processos de colheita manual. Dentre as vantagens pode-se destacar o menor custo para realizar a operação, a redução do tempo de colheita e o aumento da eficiência da mão de obra expressa em área cultivada por safra.

Quando as máquinas são utilizadas de maneira adequada possibilitam a expansão do cultivo, o atendimento do cronograma de atividades no tempo disponível e um maior controle na execução da operação, ficando menos susceptível a problemas climáticos inesperados. Entretanto, algumas peculiaridades relacionadas às interações solo-máquina-planta durante este processo, têm provocado danos mecânicos aos grãos, excessiva presença de impurezas, perda de produto e desgaste excessivo de componentes mecânicos.

As perdas na colheita são influenciadas tanto por fatores inerentes à cultura, como por fatores relacionados à colhedora (FERREIRA et al., 2007; CARVALHO FILHO et al., 2005). Para o crambe, um dos fatores determinantes para assegurar a

eficiência da mecanização é a regulagem da colhedora. A regulagem deve ser adequada conforme a cultura, material genético, teor de água do grão, velocidade da colhedora e finalidade dos grãos.

O crambe é suscetível à quebra dos grãos e a infecção pela *Alternaria brassicicola*, principalmente, quando ocorrem atrasos na colheita (JASPER, 2009). O ponto de colheita pode ser observado no campo, geralmente 90 a 110 dias após o plantio, o término do ciclo é verificado quando as folhas tendem a secar e cair das plantas, as colorações dos frutos e dos ramos tendem a amarelecer do ápice para a base das plantas (PITOL, 2010).

A agricultura atual tem exigido qualidade e elevado rendimento em suas atividades, onde a competitividade tem levado as empresas agrícolas a reduzir custos e colocar produtos de alta qualidade no mercado consumidor. Realidade essa também aplicável a todo ciclo produtivo da cultura, principalmente durante a colheita, que se mal realizada, pode ser responsável pela queda da qualidade final do produto, e se não realizada no período de tempo adequado, pode provocar perdas quantitativas significativas.

Devido às poucas informações existentes sobre o processo de colheita mecanizada do crambe, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar as perdas ocasionadas pela colheita com diferentes regulagens operacionais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. Os testes com a colhedora foram realizados no Campo Experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada no município de Dourados-MS, latitude 22°14’S, longitude 54°49’W, com altitude média de 452 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, originalmente sob vegetação de cerrado.

Em 17 de abril de 2012 realizou-se a semeadura da cultivar FMS Brilhante, previamente tratadas com vitavax (150 g ia. L^{-1}) + thiram (350 g ia. L^{-1}) para 100 kg de sementes + água, na dose de 400 mL 100 kg^{-1} de semente, visando proteger o sistema semente-plântula contra a ação de fungos fitopatogênicos do solo.

Realizou-se a semeadura em sistema de plantio direto, utilizando semeadora-adubadora de 16 linhas, modelo SHM 15/17, com espaçamento de 0,40 m entre linhas e regulada para semear 30 sementes por metro linear, de forma a se obter uma população de 625.000 plantas ha^{-1}, considerando que o lote de sementes possuía 84% de germinação. Em função da análise de fertilidade do solo (QUADRO 1) foram utilizados 300 kg ha^{-1} da fórmula 8-20-20 (N-P-K), na adubação de base.

QUADRO1. Atributos químicos e físicos das profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, do solo da área experimental. Dourados, UFGD, 2013.

Atributos	Profundidade		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
pH em Água	5,54	5,62	5,71
pH em $CaCl_2$	4,80	4,90	5,00
Al	0,10	0,10	0,00
Ca	5,80	6,40	6,10
Mg	2,10	2,30	2,20
$H+Al^3$	7,31	7,08	5,26
K+	0,49	0,36	0,27
P ($Mehlich^{-1}$)	13,40	10,40	6,80
SB	8,39	9,06	8,57
CTC	15,70	16,14	13,83
CTC Efetiva	8,49	9,16	8,57
m%	1,18	1,09	0,00
V%	53,45	56,13	61,99
MO	32,22	30,45	28,91
Cu (mg dm^{-3})	15,90	16,70	15,90
Fe (mg dm^{-3})	24,70	27,30	30,40
Mn (mg dm^{-3})	108,70	94,00	83,10
Zn (mg dm^{-3})	2,60	2,40	2,20
Areia total	102,00	95,00	79,00
Limo	118,00	108,00	108,00
Argila (g kg^{-1})	780,00	797,00	813,00

O controle das plantas daninhas presentes na área experimental foi realizado manualmente e quanto às pragas e doenças, não houve necessidade de intervenção.

Os dados da precipitação pluviométrica e de temperaturas máximas e mínimas, registrados durante o período de março a agosto de 2012, foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste (Figura 1). O volume acumulado de chuva para o período foi de 806,6 mm, e a temperatura máxima média foi de 27,7^{o}C e a mínima média de 15,6^{o}C.

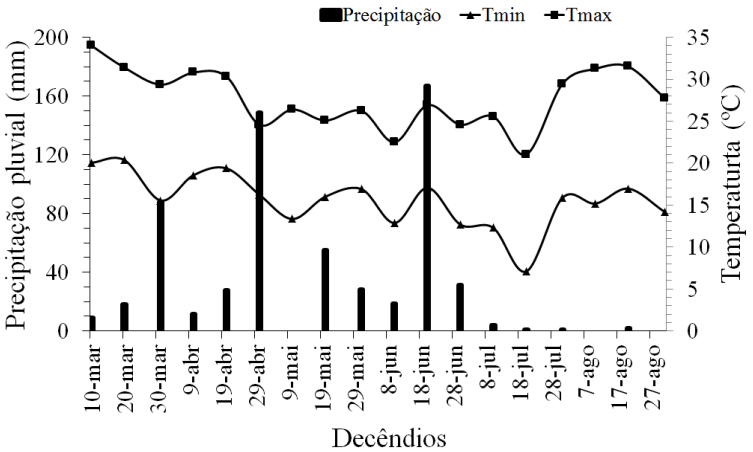


FIGURA 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) no período de março a agosto de 2012, Dourados-MS.

Os tratamentos foram dispostos segundo o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. O esquema estatístico adotado foi o fatorial 3x4, sendo três velocidades de deslocamento (3,03; 5,04 e 8,17 km h^{-1}) e quatro rotações do cilindro trilhador (400, 600, 800 e 1000 rpm) da colhedora. A área de cada unidade experimental foi de 39 m de comprimento e 1,60 metros de largura (62,4 m^2).

A altura de plantas e diâmetro do caule foram avaliados em 10 plantas aleatórias em cada parcela, sendo que a altura de planta (Alt) foi aferida com régua graduada com resolução de 1 mm, quando a cultura se encontrava no período de colheita (maturação fisiológica); e o diâmetro do caule (Diâm), medido com paquímetro digital ZAAS com resolução de 0,01mm, também no estádio de colheita.

Após o processo natural de maturação, foi realizada a colheita dos grãos. O crambe foi colhido dia sete de agosto de 2012, aos 112 dias após o plantio, utilizando uma colhedora de parcela, marca Wintersteiger, modelo CLASSIC, com potência de 38 kW (52 cv) no motor, plataforma de corte de 1,60 m de largura, cilindro e côncavo de barras com abertura de 20 mm, sistema de limpeza feito por meio de peneiras e ventilador, e rotação máxima do cilindro trilhador de 3.000 rpm. A colhedora combinada realizava simultaneamente as operações de corte, recolhimento, trilha e limpeza das sementes.

O teor de água das sementes durante a colheita foi de 8,7%bu, determinado utilizando-se o método da estufa à 105±3ºC, por 24 horas, segundo a RAS (BRASIL, 2009).

A qualidade do processamento do produto colhido mecanicamente pode ser avaliada por meio da determinação da capacidade e da eficiência de colheita, da perda

de matéria seca e da eficiência de limpeza do crambe em função da taxa de alimentação da colhedora e da rotação do cilindro trilhador.

A taxa de alimentação de palhada da colhedora foi obtida pela variação da produtividade de sementes do crambe no campo, da relação palha/grão e da velocidade de deslocamento da máquina durante os testes. A relação palha/grão foi determinada utilizando-se metodologia descrita em Souza et al. (2001).

A produtividade da cultura foi determinada pela relação entre a massa obtida pela pesagem das sementes limpas, colhidas nas parcelas em uma armação quadrada de 0,56 m². Utilizou-se uma balança de precisão, com resolução de 0,01 g, nas pesagens. Os valores obtidos de produtividade foram ajustados para 13%bu de teor de água, de acordo com a RAS (BRASIL, 2009).

A capacidade de colheita foi determinada por meio da quantidade de produto que a colhedora colheu em função do tempo gasto na parcela, conforme segue Equação (1):

$$C_C = \frac{m_g}{t} \tag{1}$$

em que,

C_C - capacidade de colheita, t h^{-1};

m_g - massa de sementes colhidas, t;

t - tempo gasto para colher a massa de sementes, h.

As perdas quantitativas foram obtidas pela determinação das perdas naturais, perdas na plataforma de corte, perdas nos mecanismos internos e as perdas totais, conforme descrito por Souza et al. (2006).

As perdas quantitativas foram determinadas demarcando-se uma área no terreno, antes e depois da passagem da colhedora, efetuando-se a catação manual de todas as sementes dentro da armação, medindo 0,56 m^2 (1,6 x 0,35 m). Os materiais colhidos foram levados para o Laboratório de Agroenergia da Embrapa Agropecuária Oeste, onde foi realizada a limpeza e a pesagem do material, sendo seus valores expressos em kg ha^{-1}.

A armação foi colocada na área da parcela, no sentido transversal ao das linhas de semeadura, e foram recolhidos os grãos que ficaram na superfície do solo e que não puderam ser colhidos, tornando possível a determinação de eventuais perdas por motivos adversos, de acordo com metodologia de Souza et al. (2006).

As perdas naturais (Pn) foram obtidas antes de iniciar a colheita, sendo determinada do quociente da massa de grãos perdidos pela área da armação (Equação 2).

$$P_n = 10\frac{m_n}{A} \tag{2}$$

em que,

P_n - perda natural, kg ha^{-1};

m_n - massa de grãos perdidos naturalmente, g;

A - área da armação, m².

Na avaliação das perdas de grãos na plataforma (Pr) de corte da colhedora, a operação da máquina foi interrompida e deu marcha à ré, a uma distância igual à metade de seu comprimento, posicionando a armação na frente da colhedora, recolheu-se todos os grãos presentes dentro da armação. A perda na plataforma de corte foi determinada subtraindo-se, do total de grãos coletados na armação, a perda natural, como mostra a seguinte Equação (3):

$$P_r = 10\frac{m_r}{A} - P_n \tag{3}$$

em que,

P_r - perda na plataforma de corte, kg ha^{-1};

m_r - massa de grãos perdidos na plataforma de corte, g.

Para determinar as perdas totais (Pt) provocadas pela máquina usou-se a mesma armação na área já colhida, logo atrás da colhedora. As perdas totais foram determinadas, coletando-se os grãos soltos no interior da armação e subtraindo a perda natural. As perdas nos mecanismos internos (Pi) da colhedora foram determinadas pela subtração da perda na plataforma de corte da perda total (Pi = Pt – Pr).

Na comparação entre os dados obtidos pelos modelos e os dados observados, utilizou-se a combinação do teste F modificado por Graybill (Equação 4), do teste t aplicado ao erro médio (Equação 5) e da variância explicada (R^2), conforme Leite e Oliveira (2002). Foram utilizados 5% de probabilidade nas comparações.

$$F(H_0) = \frac{(\beta-\theta)'(Y_1'Y_1)(\beta-\theta)}{2QMR} \sim F_\alpha(2, n-2) \tag{4}$$

$$t_{\bar{e}} = \frac{\bar{e} - 0}{S_{\bar{e}}} \sim t_{\alpha}(n-1) \tag{5}$$

Sendo:

$$\beta = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$\theta = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \tag{7}$$

$$Y_1' Y_1 = \begin{bmatrix} n & \sum Y_1 \\ \sum Y_1 & \sum Y_1^2 \end{bmatrix} \tag{8}$$

$$S_{\bar{e}} = \frac{S_e}{\sqrt{n}} \tag{9}$$

em que,

Y_1 - vetor de valores padrões (eixo das abscissas);

β - vetor de coeficientes (β_0 e β_1);

QMR - quadrado médio do resíduo da regressão;

$\bar{e}$ - erro relativo médio;

$S_{\bar{e}}$ - desvio padrão do erro médio;

S_e - desvio padrão;

n - número de observações;

α - significância do teste F;

$t_{\bar{e}}$ - valor do teste t do erro médio;

H_0: $\beta' = [0 \;\; 1]$.

O erro relativo médio entre os dados observados e estimados foi determinado utilizando-se a Equação 10, considerando-se que o erro (Equação 11) é uma variável que segue uma distribuição normal e ocorre ao acaso, pode-se testar a hipótese (H_0: $\bar{e} = 0$) que o erro relativo médio é zero:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i}^{n} \frac{Y_{ji} - Y_{1i}}{Y_{1i}}}{n} \tag{10}$$

$$e = \frac{Y_j - Y_1}{Y_1} \tag{11}$$

em que,

Y_j - vetor de valores alternativos (eixo das ordenadas);

e - erro relativo;

i = 1, 2, ..., n.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média do crambe na área experimental foi de 1.258,8 ± 74,7 kg ha^{-1}, com valor mínimo de 1.174,9 e máximo de 1.353,1 kg ha^{-1}. O teor de óleo das sementes colhidas, durantes os testes com as três velocidades de deslocamento e quatro rotações do cilindro trilhador da máquina, apresentou valor médio de 36,11 ± 1,28%.

As perdas naturais de grãos de crambe foi em média, de 92,4 kg ha^{-1}, representando 1,85 sacos ha^{-1}. Provavelmente, isso ocorreu em decorrência de ventos que causa o atrito das plantas e por deiscência devido à secagem natural. Os pecíolos que prendem os grãos ao caule são frágeis e quebram facilmente. Portanto, a colheita de crambe deve ser realizada assim que as plantas atingirem o ponto de colheita para prevenir eventuais perdas. A relação palha/grão da cultura do crambe foi de 2,43 ± 0,33.

Segundo Pitol et al.(2010), a umidade ideal de colheita está na faixa entre 13 a 15%, no entanto como a colheita do crambe ocorre no período de seca para região Centro-Oeste, a umidade já se encontrava inferior a esses valores, no momento da colheita, o valor médio do teor de água dos grãos foi de 8,74%bu. A antecipação da colheita pode ser realizada se houver dessecação da área, pois a desuniformidade de maturação pode ocasionar perdas por debulha e queda de frutos, causadas por exposição a ventos e chuvas eventuais.

As médias de altura das plantas e diâmetro do caule foram 1,17 m e 9,05 mm, respectivamente, obtidas pela amostragem de 16 plantas na área total do experimento. O teor de água dos grãos durante a colheita foi de 8,7%bu.

Na Figura 2 pode ser observado o comportamento linear crescente dos dados da taxa de alimentação em função do aumento da velocidade de deslocamento da colhedora. Analisando a taxa de alimentação, verificou-se que o maior valor ocorreu na máxima velocidade de deslocamento da colhedora de 9,8 km h^{-1}, representando uma taxa de alimentação de palhada de 1,52 kg s^{-1}.

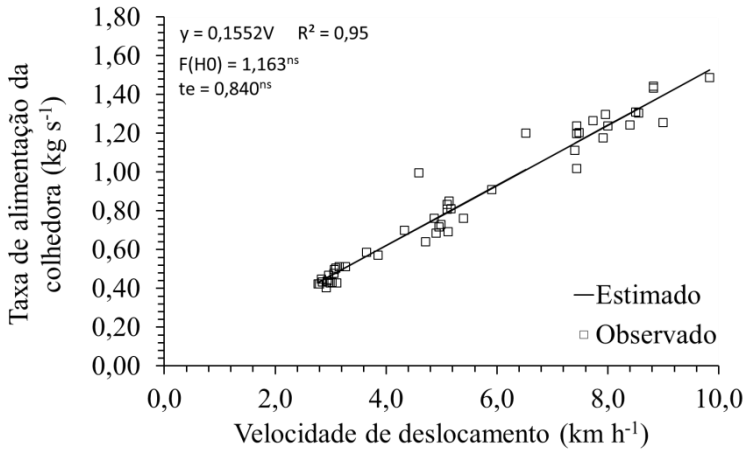


FIGURA 2. Taxa de alimentação de palhada (y, mog) em função da velocidade de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013.

A capacidade de colheita em função da velocidade de deslocamento da máquina e da taxa de alimentação está apresentada nas Figuras 3 e 4. Pode-se observar que o incremento da velocidade de deslocamento e da taxa de alimentação da colhedora proporcionou aumento linear de sua capacidade de colheita. Os maiores resultados de capacidade de colheita em função da velocidade de deslocamento foram atingidos quando a máquina se deslocava a 9,8 km h^{-1}, possibilitando se colher 1.990,78 kg h^{-1}. A taxa de alimentação de palhada influenciou a capacidade de colheita, sendo os maiores valores observados na taxa de 1,52 kg s^{-1}, equivalendo à capacidade de 1.986,18 kg h^{-1}. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza et al. (2001), onde a maior taxa de alimentação e maior velocidade de deslocamento proporcionou aumento linear na capacidade de colheita.

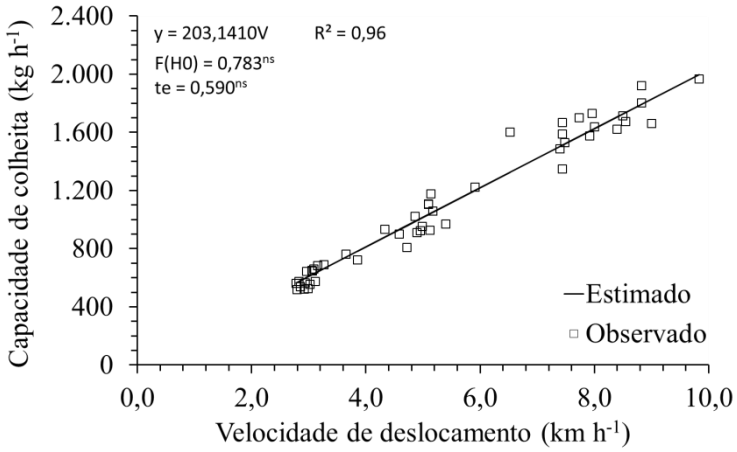


FIGURA 3. Capacidade de colheita (y) de crambe em função da velocidade de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013.

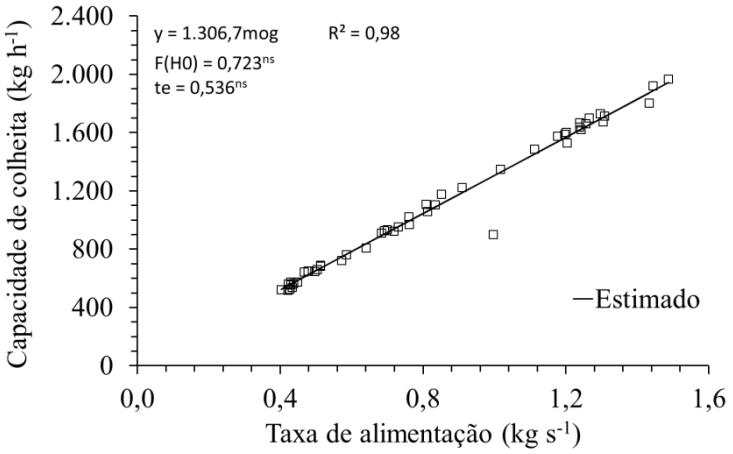


FIGURA 4. Capacidade de colheita (y) de crambe em função da taxa de alimentação de palhada da colhedora (mog). Dourados, 2013.

As perdas na plataforma de corte estão apresentadas na Figura 5. Maiores perdas foram verificadas quando a colhedora estava trabalhando com velocidades de deslocamento de 3,03 e 5,04 km h^{-1} e rotação do cilindro trilhador de 400 rpm. Analisando a velocidade 5,04 km h^{-1}, as perdas decrescem na medida em que há aumento da rotação do cilindro trilhador, esses valores variaram de 48,88 a 22,26 kg ha^{-1}, para rotações de 400 e 1000 rpm, respectivamente. Em trabalho realizado por Compagnon et al. (2012), comparando perdas na colheita mecanizada de soja, notou-se aonde houve menor velocidade da colhedora foram constatadas maiores perdas nos grãos de soja. Tais resultados também se assemelham aos obtidos por Ferreira et al. (2007), em trabalho realizado com a soja. Resultados contrários foram obtidos por Carvalho Filho et al. (2005), que ao avaliar cinco velocidades de deslocamento diferentes verificou que a medida que a velocidade aumentou, aumentaram as perdas das sementes.

Souza et al. (2001), avaliou as perdas ocorridas na plataforma durante a colheita de feijão, verificou que à medida que aumentou a velocidade de deslocamento e a rotação do cilindro trilhador, aumentou as perdas.

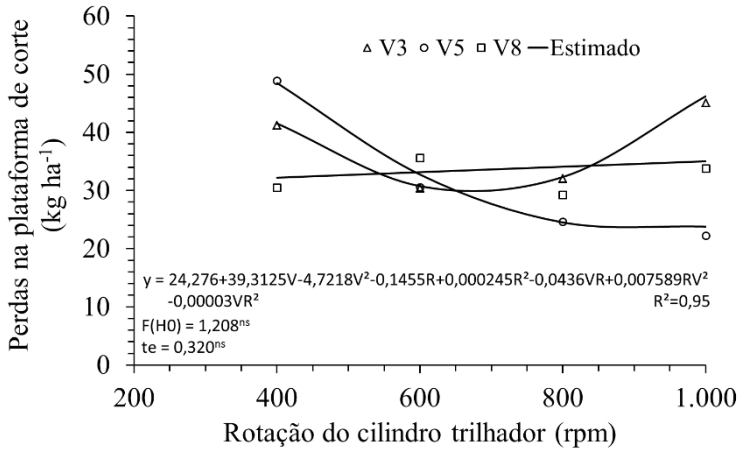


FIGURA 5. Perdas de crambe na plataforma de corte (y) em função da rotação do cilindro trilhador (R), para as respectivas velocidades de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013.

Considerando que as perdas se mostraram semelhantes no intervalo de velocidade de deslocamento observado em campo de 2,78 a 9,83 km h^{-1}, deve-se dar preferência a regulagem que proporcionem rotações de 600 a 800 rpm no cilindro trilhador da máquina (Figura 5). Isso proporcionará mais flexibilidade no planejamento e logística de colheita, pois com esse intervalo de velocidade de deslocamento o cronograma de atividades pode ser realizado no tempo disponível para a operação, mantendo-se os custos com as perdas na plataforma de corte, que é apontada por diversos autores como a maior perda ocasionada pelas colhedoras combinadas.

Observa-se na Figura 6 que as menores perdas nos mecanismos internos foram observadas quando a máquina estava na velocidade de deslocamento de 5,04 km h^{-1} e rotações do cilindro trilhador entre 670 e 900 rpm, apresentando nessa configuração de regulagem valores inferiores a 40 kg ha^{-1}. Quando a colhedora se deslocou com a velocidade de 3,05 km h^{-1}, o incremento da rotação do cilindro trilhador provocou aumento nas perdas nos mecanismos internos da máquina. Quando se usou a velocidade de deslocamento de 8,17 km h^{-1}, houve aumento das perdas com o aumento da rotação até aproximadamente 700 rpm, quando a partir daí a tendência foi de diminuição de seus valores.

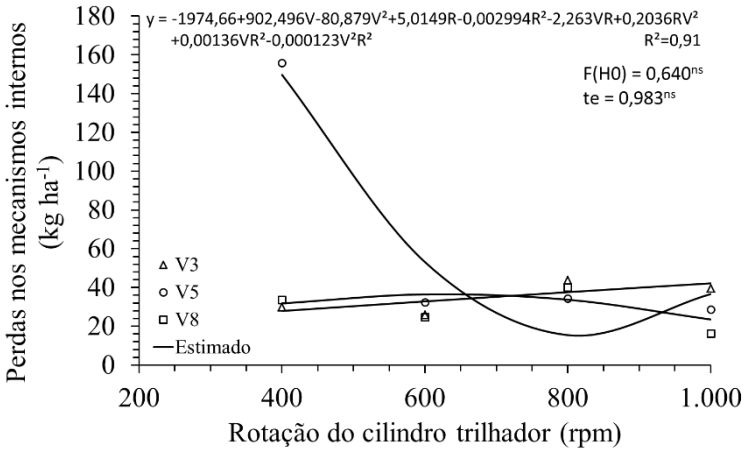


FIGURA 6. Perdas de crambe nos mecanismos internos (y) em função da rotação do cilindro trilhador (R), para as respectivas velocidades de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013.

Ao estudar as perdas totais de sementes em função da rotação do cilindro trilhador pode-se verificar que, de maneira geral, houve diminuição dos seus valores com o aumento da rotação (Figura 7). A maior perda ocorrida nos mecanismos internos da colhedora foi de 73,1 e perda total de 113,29 kg ha^{-1}. Ferreira et al. (2007) avaliando as perdas na colheita da soja, em função da velocidade de deslocamento e a folga entre o cilindro e o côncavo, obtiveram maiores perdas totais para a folga 29 mm na velocidade 3,0 km h^{-1}.

Em estudos realizados por Barrozo et al. (2010), avaliando a colheita mecanizada de crotalária, verificaram que com o aumento da rotação do cilindro de trilha proporcionou a elevação do nível de perdas totais de sementes soltas.

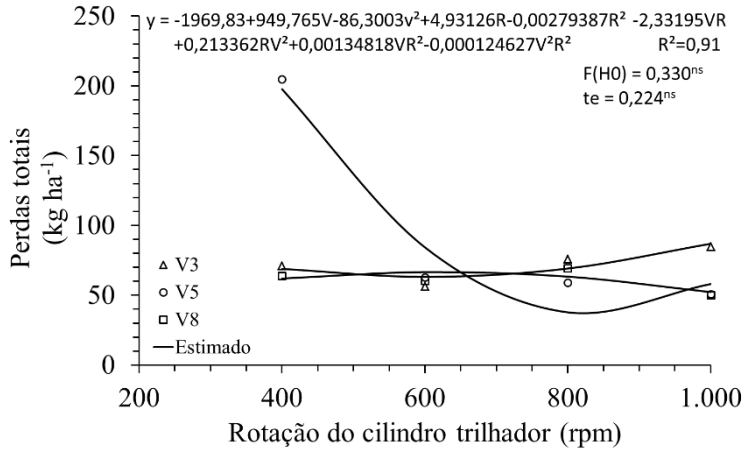


FIGURA 7. Perdas totais de crambe (y) em função da rotação do cilindro trilhador (R), para as respectivas velocidades de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013.

4 CONCLUSÃO

A capacidade de colheita aumentou linearmente, devido ao aumento da taxa de alimentação e maior velocidade de deslocamento da colhedora, independente da rotação do cilindro trilhador.

As menores perdas na plataforma de corte, foram observadas na velocidade de 5,04 km h^{-1}, e rotação do cilindro trilhador a partir de 650 rpm.

As perdas nos mecanismos internos foram menores com velocidade de 5,04 km h^{-1}, e rotação do cilindro trilhador no intervalo de 700 a 950 rpm.

As maiores perdas na plataforma, mecanismos internos e totais, foram obtidas na velocidade 5,04 km h^{-1}, com rotação do cilindro de 400 rpm, estes valores decrescem com o aumento da rotação.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT e à FINEP, pelo apoio financeiro para realização da pesquisa. À CAPES e ao CNPq, pelas bolsas concedidas. À SUCITEC/SEMAC e ao Bioenergia-MS, pelo apoio à pesquisa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROZO, L.M.; SILVA, R.P. da; COSTA, M.A.F.da; FURLANI, C.E.A.; GOMES, D.P. Colheita mecanizada e perdas quantitativas de sementes de crotalária. **Biosci Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 180-186, Mar./Apr. 2010

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF, 365 p. 2009.

CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J.W.; SILVA R.P.; ZAGO, M.S. Perdas na colheita mecanizada de soja no triângulo mineiro. **Revista Nucleus**, v.3, p.57-60, 2005.

COMPAGNON, A.M.; SILVA, R.P. DA; CASSIA, M.T.; GRAAT, D.; VOLTARELLI, M.A. Comparação entre métodos de perdas na colheita mecanizada de soja **Scientia Agropecuaria**. v.3, p.215-223, 2012.

FERREIRA, I.C.; SILVA, R.P.; LOPES, A.; FURLANI, C.E.A. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Engenharia na Agricultura**, v.15, p.141-150, 2007.

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

LEITE, H.G.; OLIVEIRA, F.H.T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, p.1105-1118, 2002.

OPLINGER, E.S.; OELKE, E.A.; KAMINSKI, A.R.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R.; NOETZEL, D.M. **Crambe: alternative field crops manual**. University of Wisconsin and University of Minnesota. St. Paul, July, 1991. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>. Acesso em: 27/05/2013.

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

ROSCOE, R.; BROCH, D.L., RANNO, S.K. Efeito de adubações de plantio e cobertura sobre a produtividade de crambe cv. Fms brilhante após soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4, SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p 652-657. 2010.

SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; CECON, P.R.; MANTOVANI, E.C. Avaliação de perdas em uma colhedora de fluxo axial para feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.530-537, 2001.

SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L.; REIS, E.F.; ALVES SOBRINHO, T. Perdas na colheita mecanizada de milho em agricultura familiar da Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.280-290, 2006.

SOUZA, A.D.V.; FÁVARO, S.P.; ÍTAVO, L.C. ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe**. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.

ARTIGO III

Qualidade de sementes de crambe submetidas à colheita mecanizada

RESUMO

A produção de biodiesel no Brasil encontra-se limitada, devido a maior parte das culturas anuais, de ciclo primavera/verão, estarem voltadas para produção de alimentos ou rotação de culturas. Nesse sentido, o crambe é uma espécie vegetal que tem despertado o interesse dos produtores brasileiros, devido ao seu alto teor de óleo, rusticidade, cultivo mecanizado e, principalmente, por ser uma cultura de inverno, tornando-se uma opção a mais para o agricultor neste período. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade de sementes de crambe submetidas à colheita mecanizada, sob diferentes velocidades de deslocamento e rotações do cilindro trilhador da colhedora combinada. Foram utilizadas sementes da cultivar FMS Brilhante. Os tratamentos foram dispostos segundo o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. O esquema estatístico adotado foi o fatorial 3x4, sendo três velocidades de deslocamento (3,0; 5,0 e 8,2 km h^{-1}) e quatro rotações do cilindro trilhador (400, 600, 800 e 1000 rpm). O aumento da rotação do cilindro trilhador reduziu o vigor das sementes de crambe e proporcionou aumento do índice de impureza e de danos mecânicos. O menor percentual de dano mecânico, o maior vigor e produtividade de óleo de sementes de crambe foi obtida com a maior velocidade de deslocamento da colhedora.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica* Hochst, germinação, *Brassicaceae*.

Crambe seed quality submitted to mechanical harvest

ABSTRACT

Biofuel production in Brazil is limited because the great part of annual crops, spring/summer cycle, are focused on food production or on crop rotations. This way, crambe is a vegetable specie that have stirred the interest of Brazilian producers due to its height oil content, rusticity, mechanical cultivation and, mainly, it is a cold season crop, which is another option to farmers in this period. The aim of this research was to evaluate seed quality of crambe that was submitted to mechanical harvest under different speed of work and rotations of threshing cylinder of combine harvester. Seeds of FMS Brilhante cultivar was used. Treatments were established by randomized block design, with four replications. Used statistical scheme was 3 x 4 factorial, which were three speed of work (3.0; 5.0; 8.2 km h^{-1}) and four rotations of the threshing cylinder (400, 600, 800 and 1000 rpm). The increase of the rotation of threshing cylinder reduced its vigor and promoted increase of impurity index and mechanical damages. The smallest percentage of mechanical damage, the highest vigor and oil production of crambe seeds were obtained with the highest speed of work. Speed of work was correlated positively to feed rate of threshing and seed vigor.

Keywords: *Crambe abyssinica* Hochst, germination, *Brassicaceae*.

1 INTRODUÇÃO

Com a implantação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel tornou obrigatória à adição de biodiesel ao óleo diesel, comercializado no território nacional. Com isso, vem aumentado às pesquisas para estudar culturas oleaginosas com alto potencial para produção de óleo.

As extensas áreas territoriais, o clima tropical e subtropical do Brasil favorece a produção de matérias-primas para o biocombustível. A produtividade e a percentagem de óleo obtida estão diretamente associadas com as tecnologias de cultivo e de processamento praticadas. A produção de biodiesel no Brasil encontra-se limitada, devido a maior parte das culturas anuais, de ciclo primavera/verão, estarem voltadas para produção de alimentos. Poucas alternativas existem para produção de biodiesel, algumas espécies oleaginosas são cultivadas na safra outono/inverno, favorecendo a manutenção e recuperação do ambiente através da rotação de culturas.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma cultura que vem despertando o interesse dos agricultores e agroindústrias, devido ao alto teor de óleo nas sementes, entre 36 e 38%, e alto teor de ácido erúcico, um ácido graxo de cadeia longa que tem alto valor industrial. Pertencente à família das *Brassicaceae*, o gênero Crambe contém cerca de trinta espécies, a maioria plantas perenes, embora algumas sejam arbustos anuais, distribuídas principalmente nas regiões do Mediterrâneo, sendo que o único membro cultivado é o *Crambe abyssinica* (DESAI, 2004).

Sua produção está entre 1.000 a 1.500 kg ha^{-1}, podendo ser utilizado para compor sistema de rotação de culturas. O óleo além de ser utilizado na produção de biodiesel, pode ser empregado como insumos na fabricação de sacos plásticos, cosméticos, produtos de higiene pessoal, detergentes para roupa, etc. e o subproduto pode ser misturado a ração e fornecido para animais ruminantes (PITOL et al., 2010).

Além da preocupação com a produção deve-se preocupar também com a qualidade dos grãos produzidos e, segundo Brooker et al. (1992), esta depende das condições ambientais durante o desenvolvimento da cultura, dos tratos culturais, do grau de infestação por microrganismo e insetos, da época e do sistema de colheita, dos processos pós-colheita e do transporte.

A utilização de tecnologias que resultem em produtividades adequadas e sustentáveis para viabilizar o empreendimento agrícola tem sido uma das principais demandas da agricultura moderna. Dentre as tecnologias, a utilização de sementes de

alta qualidade tem destaque por influenciar diretamente a produtividade agrícola, pois à partir de um bom estabelecimento da cultura é que se torna possível o emprego de outras técnicas para potencializar a produção. Morfologicamente, a semente é idêntica ao grão comercial, entretanto, semente é aquela produzida com a finalidade de plantio, sob cuidados especiais e obedecendo a normas técnicas, procedimentos e padrões estabelecidos pela legislação.

A colheita é uma das etapas mais importantes no processo produtivo das sementes em geral. A qualidade final do produto quer seja semente ou grão depende de uma operação bem feita e na época adequada. Além das perdas quantitativas, as variações climáticas e a época da colheita também ocasionam perdas qualitativas às sementes, porém a colheita mecânica e o beneficiamento são as principais fontes de danos mecânicos em sementes, pois os sistemas das colhedoras envolvem ações simultâneas de impacto, de compressão e atrito sobre as sementes, que são levadas a passar entre o cilindro e o côncavo durante a colheita.

Atualmente a avaliação da qualidade de sementes de crambe é realizada pelo teste de germinação com base nas prescrições das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A partir do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade de sementes de crambe submetidas à colheita mecanizada, sob diferentes velocidades de deslocamento da colhedora e rotações do cilindro trilhador.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, e o experimento de campo conduzido na Área Experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada no município de Dourados, MS, latitude 22°14’S, longitude 54°49’W, com altitude média de 452 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, e apresentou os seguintes atributos químicos e físicos (Quadro 1).

QUADRO1. Atributos químicos e físicos das profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, do solo da área experimental. Dourados, UFGD, 2013.

Atributos	Profundidade		
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
pH em Água	5,54	5,62	5,71
pH em $CaCl_2$	4,80	4,90	5,00
Al	0,10	0,10	0,00
Ca	5,80	6,40	6,10
Mg	2,10	2,30	2,20
$H+Al^3$	7,31	7,08	5,26
K+	0,49	0,36	0,27
P ($Mehlich^{-1}$)	13,40	10,40	6,80
SB	8,39	9,06	8,57
CTC	15,70	16,14	13,83
CTC efetiva	8,49	9,16	8,57
m%	1,18	1,09	0,00
V%	53,45	56,13	61,99
MO	32,22	30,45	28,91
Cu (mg dm^{-3})	15,90	16,70	15,90
Fe (mg dm^{-3})	24,70	27,30	30,40
Mn (mg dm^{-3})	108,70	94,00	83,10
Zn (mg dm^{-3})	2,60	2,40	2,20
Areia_total	102,00	95,00	79,00
Limo	118,00	108,00	108,00
Argila (g kg^{-1})	780,00	797,00	813,00

A semeadura foi realizada no dia 17 de abril de 2012, utilizando sementes da cultivar FMS Brilhante, previamente tratadas com vitavax (150 g ia. L^{-1}) + thiram (350 g ia. L^{-1}) para 100 kg de sementes + água, na dose de 400 mL 100 kg^{-1} de semente, visando proteger o sistema semente-plântula contra a ação de fungos fitopatogênicos do solo.

A semeadura foi realizada em sistema de plantio direto, utilizando semeadora-adubadora de 16 linhas, modelo SHM 15/17, com espaçamento de 0,40 m entre linhas e regulada para semear 30 sementes por metro linear, de forma a se obter uma população de 625.000 plantas ha^{-1}, considerando que o lote de sementes possuía 84% de germinação. Baseando-se nos resultados da análise de solo (Figura 1) foram utilizados 300 kg ha^{-1} da fórmula 8-20-20 (N-P-K), na adubação de base.

O controle das plantas daninhas presentes na área experimental foi realizado com duas capinas manuais. Não ocorreu ataque de pragas e doenças na área, que causassem perdas, portanto não houve necessidade de controle.

Os dados climáticos de precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima mensais do período de realização do experimento estão apresentados na Figura 1, tais valores foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, no período de março a agosto de 2012. Observa-se que o período de maior precipitação ocorreu no final dos meses de março e abril de 2012, período de estabelecimento da cultura, favorecendo o desenvolvimento das plantas. No mês de junho obteve-se maiores valores de precipitação, o que favoreceu o crambe que estava no estádio de florescimento e enchimento de grãos. Menor média de precipitação aconteceu no final de julho e agosto o que se mostrou positivo para a colheita, uma vez que as plantas estavam em fase final de produção e a umidade afetaria a qualidade das sementes.

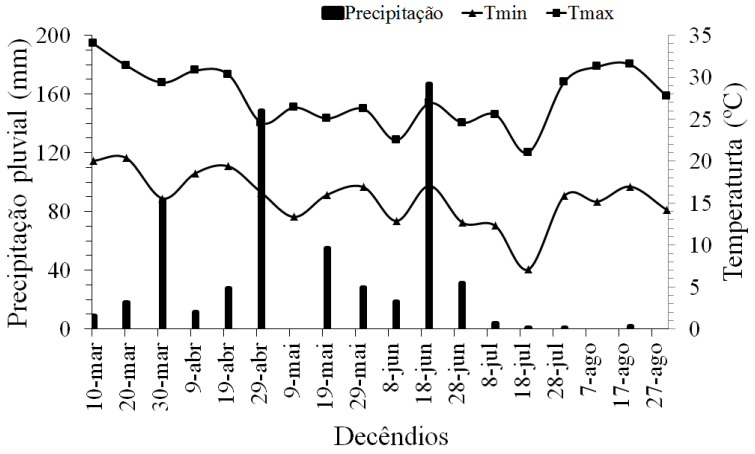


FIGURA 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) no período de março a agosto de 2012, Dourados-MS.

Os tratamentos foram dispostos segundo o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. O esquema estatístico adotado foi o fatorial 3x4, sendo três velocidades de deslocamento (3,0; 5,0 e 8,2 km h^{-1}) e quatro rotações do cilindro trilhador (400, 600, 800 e 1000 rpm). A área de cada unidade experimental foi de 39 metros de comprimento e 1,60 metros de largura.

O teor de água das sementes durante a colheita foi de 8,7%bu, obtido pelo método da estufa a 105±3ºC, por 24 horas, segundo a RAS (BRASIL, 2009). A maturação ocorreu naturalmente, ou seja, não foi aplicado dessecante na lavoura.

O material colhido foi levado ao Laboratório de Agroenergia da Embrapa Agropecuária Oeste, onde foi realizada a limpeza e a pesagem das sementes.O índice de impureza foi obtido a partir da pesagem dos materiais impuros separados na limpeza, sendo seus valores expressos em kg ha^{-1}.

A taxa de alimentação de palhada da colhedora foi obtida pela variação da produtividade de sementes do crambe no campo, da relação palha/grão e da velocidade de deslocamento da máquina durante os testes. A relação palha/grão foi determinada utilizando-se metodologia descrita em Souza et al. (2001).

Para estudar a qualidade de grãos de crambe foi determinada a massa de mil sementes (PMS), o índice de dano mecânico (DM), a condutividade elétrica (COND), a produtividade da cultura (PROD), o teor de óleo das sementes (TO), a produtividade de óleo (PO), o vigor de sementes (VIG), a germinação (TPG) após colheita, a germinação inicial, a germinação 12 meses após colheita (TPG12), o índice de impureza de sementes (IMP) e a taxa de alimentação de palhada da colhedora (TX).

Para determinar a massa de mil sementes separaram-se, ao acaso, oito subamostras de 100 sementes cada, por repetição. Em seguida as sementes de cada subamostra foram pesadas em balança de precisão, com resolução de 0,001 g, e o resultado da determinação foi calculado multiplicando-se por 10 a massa média obtida das oito repetições de 100 sementes, de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

O índice de dano mecânico foi realizado a partir da contagem de 50 sementes por amostra, imersas em solução de verde rápido (0,1%). Essa solução foi utilizada como corante das regiões danificadas, por cinco minutos, em seguida, procedeu-se a lavagem das sementes em água corrente e secagem à sombra, conforme o procedimento recomendado por Chowdhury (1977).

A condutividade elétrica (CE) das sementes foi realizada com quatro repetições de 50 sementes, previamente pesadas e colocadas em copos descartáveis, imersas em 75 ml de água deionizada e mantidas a 25°C por 24 h em germinador tipo Mangelsdorf (VIEIRA et al., 2002). Após esse período, foi obtida a condutividade da solução de embebição com o auxílio de um condutivímetro Digimed (modelo CD 20), sendo os resultados expressos em $\mu S\ cm^{-1} g^{-1}$ de semente.

A produtividade de sementes foi determinada pela relação entre a massa obtida pela pesagem das sementes limpa, colhidas de cada parcela, em balança de precisão, com resolução de 0,01 g, Os valores obtidos de produtividade foram ajustados para 13%bu de teor de água, baseado nas Regras de Análise de Sementes- RAS (BRASIL, 2009).

As análises do teor de óleo nas sementes do crambe foram realizadas no Laboratório de Agroenergia da Embrapa Agropecuária Oeste, pelo método Soxchlet,

descrito por Lara (1985). A produtividade de óleo foi obtida pelo produto entre a produtividade de sementes e teor de óleo nas sementes, e seus valores expressos em kg de óleo por ha^{-1}.

O vigor, obtido pela primeira contagem do teste de germinação, foi conduzido a 25 ± 2°C por quatro dias em substrato de rolo de papel em germinador tipo Mangelsdorf, com quatro repetições de 50 sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Foi realizado o teste padrão de germinação após a colheita, 60 dias depois de colhidas sem (TPG), 12 meses após colheita (TPG12), em quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram acondicionadas em papel germiteste umedecidos com água destilada equivalente a 2,5 vezes a sua massa original. As sementes foram acondicionadas em germinador com a temperatura de 25 ± 2ºC. A avaliação do total de sementes que germinaram foi realizada no 7º (sétimo) dia após a implantação do teste, sendo computada a porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Para estudar o grau de associação linear entre a velocidade de deslocamento da máquina e a rotação do cilindro trilhador com os parâmetros considerados na análise da qualidade de sementes de crambe, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson, conforme descrito em Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009). Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t e o coeficiente de determinação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 2 estão apresentados os coeficientes de correlação de Pearson entre a velocidade de deslocamento, a rotação do cilindro trilhador, o índice de dano mecânico, a condutividade elétrica, a produtividade de óleo, o vigor de sementes, a germinação após colheita, a germinação 12 meses após colheita, o índice de impureza de sementes e a taxa de alimentação de palhada da colhedora.

Pode-se observar que houve correlação direta e positiva entre a velocidade de deslocamento e a taxa de alimentação de palhada e o vigor de sementes, enquanto houve correlação negativa na comparação com o índice de dano mecânico (Quadro 2). O aumento da taxa de alimentação de palhada da colhedora com o incremento da velocidade de deslocamento era esperado, pois aumenta o volume de material

processado pela máquina, considerando que a relação palha/grão de 2,43 ± 0,33. Os danos mecânicos diminuíram, pois aumentou o material dentro da máquina que diminuiu o atrito direto da semente com as partes internas da colhedora. De acordo com Queiroz et al. (2004), além de problemas associados à regulagem das máquinas, as perdas qualitativas estão associadas tanto ao fluxo quanto às condições do material processado pela colhedora.

Analisando a influência da rotação do cilindro trilhador da colhedora, observou-se correlação direta e positiva com o índice de dano mecânico e o índice de impureza das sementes colhidas, indicando aumento de dano e impurezas nas sementes colhidas com as maiores rotações do cilindro. Em relação ao vigor das sementes observou-se correlação negativa, ou seja, com aumento da rotação houve diminuição da rotação.

Os resultados de vigor de sementes obtidos apresentaram correlação positiva com a germinação após 12 meses, indicando que o aumento do percentual germinativo corresponde ao aumento na viabilidade das sementes, caracterizando maior vigor das sementes (Quadro 2).

Pelos valores médios obtidos no teste padrão de germinação não foi possível diferenciar os níveis de vigor e germinação de sementes de crambe, ou seja, não houve correlação significativa. De acordo com Popinigis (1985), muitas espécies de sementes têm a capacidade de germinação reduzida, devido ao fato do tegumento que as envolve ser impermeável pelo excesso de minerais ou presença de substâncias graxas. Costa et al. (2010) estudaram a frequência da germinação de sementes de crambe com tratamentos pré-germinativos e temperatura, verificaram que as sementes de crambe descascadas apresentaram maiores frequências de germinação quando submetidos aos tratamentos térmicos e químicos.Resultados semelhantes foram encontrados por Neves et al. (2007) e por Ruas et al. (2010).

Analisando o coeficiente de correlação entre TPG e TPG12, apesar de haver diminuição de seus valores, não foi observado significância a 5% pelo teste t. Dessa forma, é possível inferir que os danos mecânicos não tenham influenciado significativamente a germinação, embora tenha sido identificada correlação entre dano mecânico e condutividade elétrica das sementes.

Neste trabalho verificou-se grande incidência de patógenos nos tratamentos estudados, que podem ter efeito sobre a qualidade das sementes e interferido no potencial germinativo. Carneiro et al. (2009) também observaram a ocorrência de

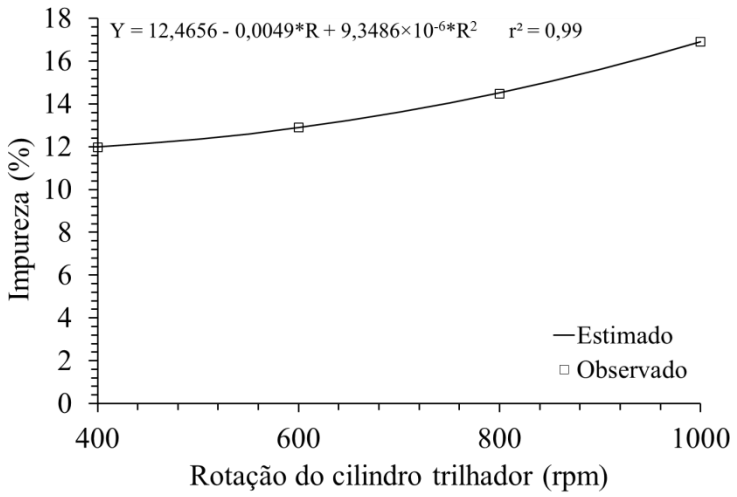
Alternaria brassicicola em plantas da cultivar FMS Brilhante produzidas no Paraná e alertam que esse é um importante patógeno das brássicas no Brasil e possui o potencial para se tornar um obstáculo ao cultivo do crambe.

QUADRO 2. Coeficientes de correlação de Pearson para a velocidade de deslocamento (V), a rotação do cilindro trilhador (RO), o índice de dano mecânico (DM), a condutividade elétrica (COND), a produtividade de óleo (PO), o vigor de sementes (VIG), a germinação após colheita (TPG), a germinação 12 meses após colheita (TPG12), o índice de impureza de sementes (IMP) e a taxa de alimentação de palhada da colhedora (TX).

	RO	DM	COND	PO	VIG	TPG	TPG12	IMP	TX
V	-0,030	-0,279**	0,074	0,368**	0,209*	0,019	0,038	-0,098	0,982**
RO		0,187*	-0,046	0,067	-0,284**	0,016	-0,089	0,428**	-0,045
DM			0,348*	-0,238**	-0,046	-0,041	0,031	0,261**	-0,309**
COND				0,506*	-0,052	0,341*	-0,145	-0,405*	0,218**
TO				0,550*	0,224**	0,039	0,138	0,185	0,484*
PO					-0,157	0,430*	-0,257**	-0,442*	0,509*
VIG						0,089	0,667*	-0,106	0,183
TPG							-0,125	-0,222**	0,087
TPG12								0,033	0,001
IMP									-0,206**

* e ** Significativo a 10 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Na Figura 2 está apresentado o percentual de impureza das sementes de crambe submetidas à colheita com diferentes rotações do cilindro trilhador. O aumento da rotação do cilindro propiciou o aumento das impurezas das sementes de crambe. O menor percentual foi de aproximadamente 12% com 400 rpm, enquanto que com 1.000 rpm o percentual foi de 17%.Resultados semelhante foi observado por Souza et al. (2002) na colheita do feijão, qu4e observaram diminuição da pureza de sementes com incremento da rotação do cilindro trilhador.O aumento do índice de impureza pode estar relacionado ao aumento de energia transmitida na trilha, o que acabou provocando maior quebra da palhada seca.

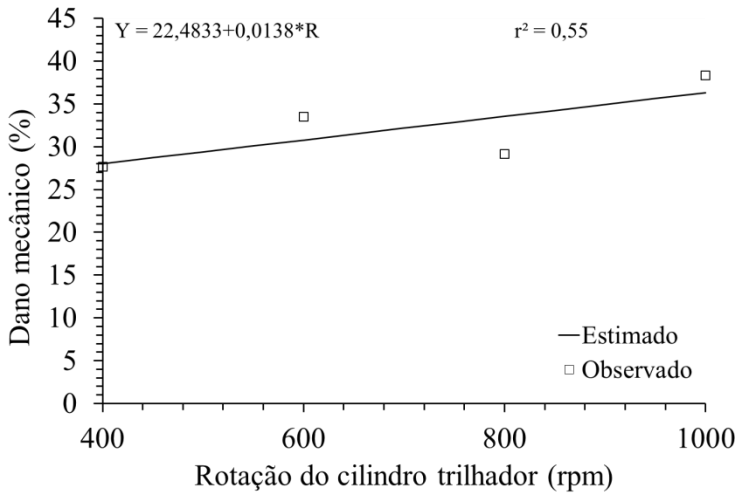


* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 2. Impurezas (Y) da massa de sementes em função da rotação (R) do cilindro trilhador da colhedora. Dourados, 2013.

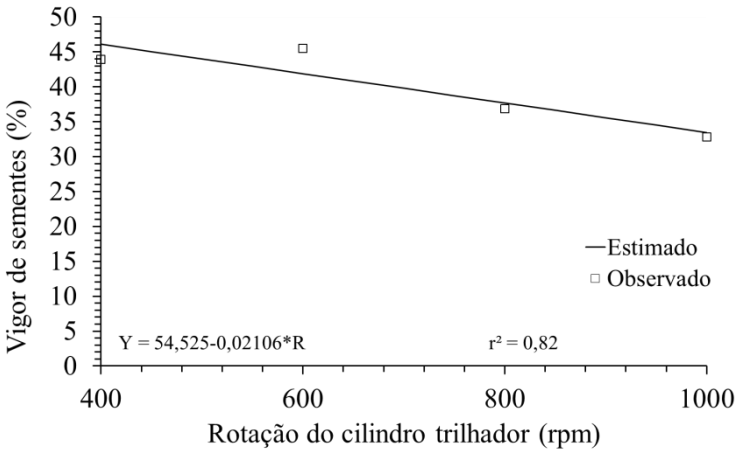
Os danos mecânicos e o vigor de sementes de crambe em função da rotação do cilindro trilhador da colhedora estão apresentados nas Figuras 3 e 4. As sementes colhidas com a menor rotação estudada (400 rpm) apresentaram maior vigor e menores percentuais de danos mecânicos, enquanto que com a maior rotação dos cilindros (1.000 rpm) observou-se os maiores danos mecânicos e menores valores de vigor,equivalente a uma redução de aproximadamente 27% do vigor das sementes. De maneira geral o aumento da rotação do cilindro trilhador propiciou redução do vigor das sementes. Essa redução pode estar relacionada ao aumento de energia transmitida na trilha, o que pode provocar maior injúria à semente, decorrente do aumento do dano mecânico.

A correlação negativa já apresentada no Quadro 1, entre a rotação e o vigor das sementes e sua condutividade elétrica, corroboram com esses resultados uma vez que a condutividade elétrica, indica maior deterioração da membrana celular desses grãos, devido à maior lixiviação de eletrólitos do interior das células para o meio, gerando maiores valores de condutividade elétrica, podendo indicar rupturas nos tecidos das sementes quando submetidas às maiores rotações.



* Significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 3. Danos mecânicos (Y) provocados nas sementes em função da rotação do cilindro trilhador da colhedora. Dourados, 2013.



* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 4. Vigor de sementes (Y) de crambe em função da rotação do cilindro trilhador da colhedora. Dourados, 2013.

Lin (1988) verificou correlação entre o aumento da lixiviação eletrolítica com a perda do vigor e da germinação em sementes de milho. Pickett (1973) estudando danos mecânicos e perdas durante o processo de colheita do feijão, concluiu que os danos mecânicos durante a colheita dependem, principalmente, do teor de umidade e da velocidade do cilindro da colhedora.

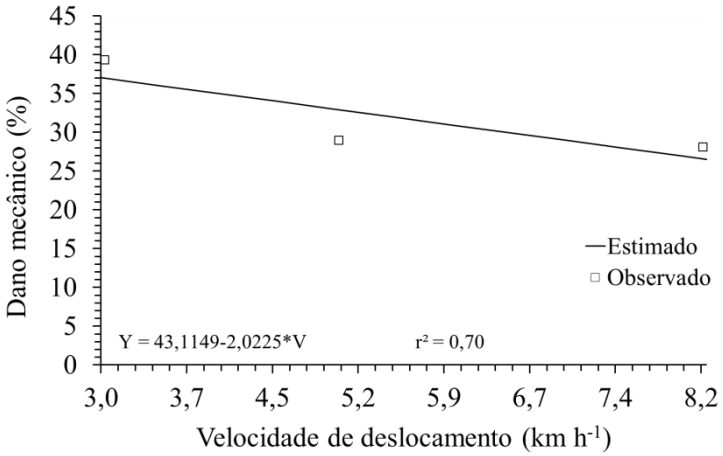
Costa et al. (1996) estudando o efeito da rotação do cilindro e velocidade de descolamento da colhedora sobre a qualidade de sementes de soja também observaram maior vigor e menor dano mecânico nas sementes, colhidas com regulagem da rotação do cilindro trilhador em torno de 550 rpm em relação àquelas colhidas com 800 rpm.

Segundo Jijon e Barros (1983), cada dano mecânico que afeta a semente, por pequeno que seja, é cumulativo e é parte integral do dano total da semente, podendo reduzir seu poder de germinação, vigor inicial e rendimentos na produção total.

O aumento da velocidade de deslocamento da colhedora propiciou a redução dos danos mecânicos e o aumento do vigor e da produtividade de óleo das sementes de crambe (Figuras 5 e 6).

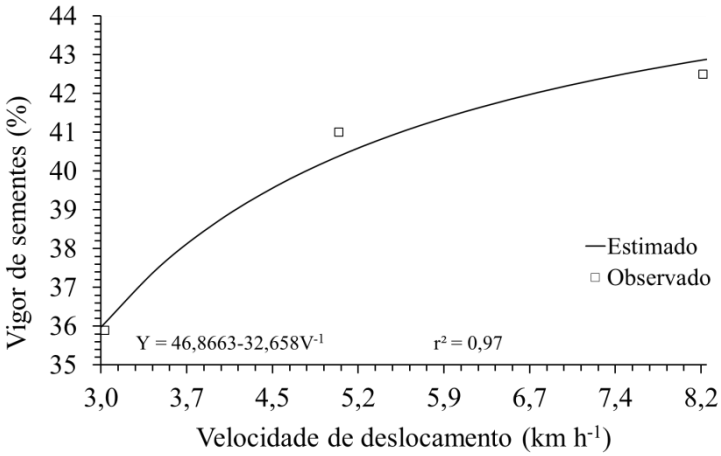
O maior percentual de dano mecânico foi observado na velocidade de 3,0 km h^{-1}e à medida que houve aumento da velocidade houve redução de seus valores. Os danos mecânicos diminuíram provavelmente devido à maior taxa de alimentação que promove o aumento do material vegetal dentro da máquina e diminui o atrito direto da semente com as partes internas da colhedora. Por outro lado, trabalhando com colheita de sementes de soja, Cunha et al. (2009) observaram que o incremento da velocidade de deslocamento de 6,0 para 7,0 km h^{-1} causou aumento da injúria mecânica.

Em relação ao vigor das sementes de crambe detectou-se um aumento de aproximadamente sete pontos percentuais de seus valores com colhedora deslocando-se na velocidade de 8,2 km h^{-1} em relação à de 3,0 km h^{-1}. Esse aumento provavelmente está associado aos menores percentuais de dano mecânico observado nas sementes colhidas nas velocidades superiores, uma vez que segundo França Neto e Henning (1984), as injúrias mecânicas podem até não influenciar imediatamente a germinação das sementes, mas o vigor, o potencial de armazenamento e o desempenho no campo são reconhecidamente reduzidos.



* Significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.

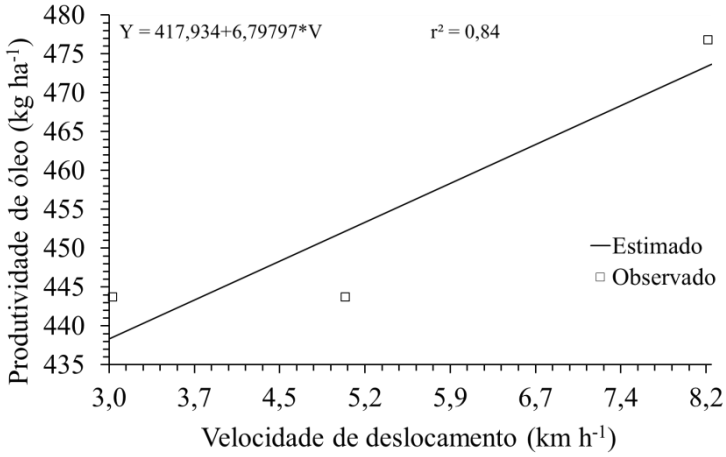
FIGURA 5. Danos mecânicos (Y) provocados às sementes de crambe em função da velocidade de deslocamento (V) da colhedora. Dourados, 2013.



* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 6. Vigor de sementes (%) de crambe em função da velocidade de deslocamento da colhedora. Dourados, 2013.

A produtividade de sementes variou entre 1.174 a 1.353 kg ha^{-1} e o valor médio de teor de óleo foi de 36,11%. Embora não haja correlações entre as características bioquímicas da semente, como por exemplo, a composição e teor de seu óleo com a colheita do grão propriamente dita, a velocidade de deslocamento da colhedora apresentou correlação positiva com produtividade de óleo das sementes de crambe, conforme demonstrado no Quadro 1 (Figura 7). Esse fato pode está associado às perdas de sementes que ocorrem durante a operação de colheita.



* Significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 7. Produtividade de óleo (kg ha^{-1}) das sementes de crambe em função da velocidade de deslocamento da colhedora. Dourados, 2013.

O aumento da velocidade de deslocamento propiciou maior produtividade de óleo e isso pode ter ocorrido devido à menor porcentagem de danos mecânicos (sementes quebradas, partidas e trincadas) que também foi constatado nas mesmas condições (Figura 5) e dessa maneira ter possibilitado maior extração de óleo das sementes que foram menos danificadas.

De maneira geral, os resultados obtidos nesse trabalho revelaram que as velocidades e as rotações avaliadas influenciaram na magnitude das variáveis estudas, propiciando informações de grande utilidade no controle de qualidade das sementes de crambe.

4 CONCLUSÕES

O aumento da rotação do cilindro trilhador reduz o vigor das sementes de crambe e aumenta o índice de impureza e a porcentagem de danos mecânicos.

O menor percentual de dano mecânico, o maior vigor e a maior produtividade de óleo de sementes de crambe foi obtida com a maior velocidade de deslocamento da colhedora.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT e à FINEP, pelo apoio financeiro para realização da pesquisa. À CAPES e ao CNPq, pelas bolsas concedidas. À SUCITEC/SEMAC e ao Bioenergia-MS, pelo apoio à pesquisa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF, 365 p. 2009.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.M. **Drying and storage of grains and oil seeds**. New York. Van Nostrand Reinhold. 1992. 450 p.

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

CHOWDHURY, M.H. Avaliação de danos mecânicos em milho e sorgo: procedimento. **Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS**. n.p. Mimeografado. 1977.

COSTA, F.P.; MARTINS, L.D.M.; LOPES, J.C. Frequência de germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) sob influência de tratamentos pré-germinativos e de temperaturas. **Nucleus**, v.7, n.2, out. 2010.

COSTA, N.P.; OLIVEIRA, M.C.N.; HENNINH, A.A.; KRZYZANOWSKI, F.C.; MESQUITA, C.M.; TAVARES, L.C.V.; Efeito da colheita mecânica sobre a qualidade da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n.2, p. 232-237, 1996.

CUNHA, J.P.A.R.; PIVA, G.; OLIVEIRA, C.A.A. Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja. **Biosciense Journal,** v.25, n. 4, p. 37-42, 2009.

DESAI, B.B. **Seeds handbook:** biology, production processing and storage. 2ed. New York: Marcel Dekker, 2004. 787 p.

FIGUEIREDO FILHO, D.B.; SILVA JÚNIOR, J.A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v.18, n.1, p.115-146, 2009.

FRANÇA NETO, J.B. O teste de tetrazólio em sementes de soja. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep/Unesp, 1994. p. 87-102.

FRANÇA NETO, J.B., HENNING, A.A. **Qualidade fisiológica e sanitária de semente de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1984. 39p. (Circular Técnica, 9).

JIJON, A.V., BARROS, A.C.S.A. Efeito dos danos mecânicos na semeadura sobre a qualidade de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merril. **Tecnologia de Sementes**, Pelotas, v. 6, n. 1/2, p. 3-22, 1983.

LARA, A.B.W.H.; NAZARIO, G.; PREGNOLATO, W. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. v.1, p.302-30. 1985.

NEVES, M.B.; TRZECIAK, M.B.; VINHOLES, P.S.; TILLMANN, C.A.C.; VILLELA, F.A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidas em Mato Grosso do Sul. In: Simpósio Estadual de Agroenergia - Reunião Técnica Anual de Agroenergia - RS, 1, 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2007.

OLIVA, A.C.E.; BIAGGIONI, M.A.M.; CAVARIANI, C. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. **Revista Energia na Agricultura,** Botucatu, v.27, n.3, julho-setembro, p.16-30. 2012.

PÁDUA, G.P.; ZITO, R.K.; ARANTES, N.E.; FRANÇA NETO, J.B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3 p. 9-16, 2010.

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

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN. 289 p. 1985.

QUEIROZ, D.M.; SOUZA, C.M.A.; PINTO, F.A.C.; MANTOVANI, E.C. Simulação dos processos de trilha e separação em colhedoras de grãos. **Engenharia na Agricultura**, v.12, n.2, p.105-117, 2004.

RUAS, R.A.A.; NASCIMENTO, G.B.; BERGAMO, E.P.; DAUR JUNIOR, R.H.; ARRUDA, R.G. Embebição e germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v.40, n.1, p.61-65, 2010.

SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; CECON, P.R.; MANTOVANI, E.C. Avaliação de perdas em uma colhedora de fluxo axial para feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.530-537, 2001.

SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; CECON, P.R. Efeito da colheita mecanizada sobre a qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.27, n.1, p.21-29, 2002.

VIEIRA, R.D.; PENARIO, A.L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,v.37, n.9, p.1333-1338, 2002.

CONCLUSÃO GERAL

A colheita de crambe deve ser realizada até 105 dias após a semeadura, a partir deste período ocorre à diminuição da qualidade das sementes e o teor de água, considerado bom para o armazenamento das sementes, 8,74%bu, ocorreu aos 109 DAS, dispensando nessa condição a secagem artificial das sementes.

No que diz respeito à operação da colhedora, a capacidade de colheita aumenta devido ao aumento da taxa de alimentação e maior velocidade de deslocamento da colhedora, independente da rotação do cilindro trilhador.

As menores perdas na plataforma de corte, nos mecanismos internos e totais ocorrem com velocidade de deslocamento de 5,04 km h^{-1}, e rotação do cilindro trilhador a partir de 650 rpm até 950 rpm, em rotações inferiores a 650 rpm ocorre o aumento das perdas.

A colheita realizada com alta rotação do cilindro trilhador causa redução do vigor das sementes de crambe e aumenta o índice de impureza e a porcentagem de danos mecânicos. Dessa maneira se a lavoura for destinada à produção de sementes, embora ocorram mais perdas, recomenda-se operar com rotações mais baixas e maior velocidade para assegurar boa qualidade fisiológica. Caso a lavoura seja voltada apenas para produção de grãos, velocidade de 5,04 km h^{-1} e rotação 650 a 950 rpm podem ser utilizadas.