

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS COM ÊNFASE
EM OLEAGINOSAS DE OUTONO-INVERNO EM
PLANTIO DIRETO**

MIRIANNY ELENA DE FREITAS

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da UFGD, Dourados, MS, Brasil

F866r Freitas, Mirianny Elena de.
Rotação e sucessão de culturas com ênfase em oleaginosas de outono-inverno em plantio direto / Mirianny Elena de Freitas – Dourados, MS : UFGD, 2014.
83 f.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza.
Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Planta oleaginosa. 2. Plantio direto. 3. Soja e milho – Cultivo. I. Souza, Luiz Carlos Ferreira de. II. Título.

CDD: 633.8

**ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS COM ÊNFASE EM
OLEAGINOSAS DE OUTONO-INVERNO EM PLANTIO DIRETO**

MIRIANNY ELENA DE FREITAS
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira 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**

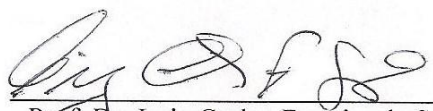
**ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS COM ÊNFASE EM OLEAGINOSAS
DE OUTONO-INVERNO EM PLANTIO DIRETO**

por


Mirianny Elena de Freitas

**Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTORA EM AGRONOMIA**

Aprovada em...../...../.....



Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
ORIENTADOR – UFGD/FCA



Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves
UFGD/FCA



Dr. Júlio Cesar Salton
Embrapa/CPAO



Prof. Dr. Francisco Eduardo Torres
UEMS



Prof. Dr. Anísio da Silva Nunes
ANHANGUERA/UNIDERP

A Deus por sempre iluminar o meu caminho

OFEREÇO

*Aos meus amados pais Divino e Elza por terem me apoiado e não terem medido esforços para a realização deste sonho.
À minha irmã Jacqueline e minhas sobrinhas Isabelly e Yasmim pelo amor e carinho a mim oferecido.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, meu Senhor, criador e dono da minha vida, que me proporcionou saúde, alegria e muita força nestes anos de Doutorado. Toda honra e toda glória e louvor sejam dados a ti! Obrigada Jesus!

Aos meus pais, Divino Paulino de Freitas e Elza Elena Silva Freitas, por todo apoio, dedicação, amor e carinho neste período, a minha conquista também é de vocês, Obrigada!

A minha irmã, Jacqueline, pela amizade, amor e carinho e as minhas sobrinhas Isabelly e Yasmim, luzes da minha vida!

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza, pela compreensão, paciência, incentivo, amizade, exemplar orientação e efetiva participação na elaboração desta pesquisa;

A Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação pela oportunidade concedida e incentivo a formação de novos profissionais e CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante o período da realização desse trabalho;

A Lucia, secretária de Programa de Pós-Graduação.

Aos membros da banca, Professores Doutores Anísio da Silva Nunes, Manoel Carlos Gonçalves, Júlio Cesar Salton e Francisco Eduardo Torres pelas correções e sugestões;

Aos colegas: Jerusa, Simone, Maira, Leonardo, Katiuça Sueko, Priscila, pela ajuda nos árduos trabalhos de campo e laboratório.

Aos funcionários de campo e aos técnicos de laboratório pela condução dos experimentos e análises de plantas e solos.

Aos meus pastores e amigos José Rodrigues, Pastora Josefa e Flavvyo Enrik pelos conselhos, amor e carinho concedidos nestes anos em Dourados.

A todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para a realização deste sonho e conclusão desta Tese de Doutorado.

Um dia tentaram-me dizer que seria impossível realizar este sonho...

Hoje, posso responder...

*“Mas pra quem tem pensamento forte, o impossível é só questão de opinião.”
(Chorão/Thiago Castanho)*

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
INTRODUÇÃO GERAL	iii
CAPÍTULO I - ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE SOJA	1
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. MATERIAIS E MÉTODOS	5
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4. CONCLUSÃO	16
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
ANEXOS	21
CAPÍTULO II – ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MILHO	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAIS E MÉTODOS	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4. CONCLUSÃO	44
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	50

CAPÍTULO III – ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DAS OLEAGINOSAS	53
RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	54
1. INTRODUÇÃO	55
2. MATERIAIS E MÉTODOS	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4. CONCLUSÃO	71
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	76

ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS COM ÊNFASE EM OLEAGINOSAS DE OUTONO-INVERNO EM PLANTIO DIRETO

RESUMO. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos da rotação e sucessão de culturas nos componentes de produção das culturas de soja, milho e oleaginosas. A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental da UFGD, em Dourados/MS. No primeiro experimento: Rotação de culturas e sucessão nos componentes de produção da soja o delineamento experimental foi em blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições para as safras agrícolas de 2010/2011 e 2011/2012. Os tratamentos foram compostos das rotações de culturas em 2010/11: pousio, milho, milho+braquiária, trigo, girassol, nabo forrageiro, crambe, canola e níger. E em 2011/12: pousio, milho, milho+braquiária, girassol, trigo, canola, nabo forrageiro e níger. Foram avaliadas a altura de planta, inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, produtividade e massa de mil grãos. Pode-se concluir que a falta de chuvas na safra agrícola de 2011/2012 provocou menor altura de plantas e média de 20 sacas de diferença da safra de 2010/2011, as culturas oleaginosas e as gramíneas no sistema de rotação de culturas não provocaram efeitos negativos sobre o cultivo da soja. No segundo experimento: Rotação de culturas e sucessão nos componentes de produção do milho, o delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições para as safras agrícolas de 2010/2011 e 2011/2012. Os tratamentos foram compostos das rotações de culturas em 2010/11 e 2011/12: pousio, milho, trigo, girassol, nabo forrageiro, crambe, canola e níger. Foram avaliados: altura de planta e diâmetro do colmo, altura da primeira espiga, diâmetro e comprimento de espiga, número de grãos por espiga, produtividade e massa de mil grãos. De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, pode-se concluir que a resposta da planta de milho em relação à rotação de cultura depende das condições climáticas; o milho semeado após o níger, crambe, canola e girassol apresenta maior produtividade de grãos quando as condições climáticas permitir à planta expressar sua capacidade produtiva; em condições climáticas adversas a rotação de cultura não interfere na produtividade de grãos de milho. No terceiro experimento: Rotação de culturas e sucessão nos componentes de produção das oleaginosas, o delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2 (cinco espécies de oleaginosas e duas culturas antecessoras) com quatro repetições para as safras agrícolas de 2011 e 2012. Cada tratamento é composto das oleaginosas: nabo forrageiro (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferus* Metzg.), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) e níger (*Guizotia abyssinica*). As culturas oleaginosas foram semeadas logo após a colheita da soja e milho no verão. Foram avaliadas a massa de plantas, altura de planta, número de ramificações por planta, produtividade, massa de mil grãos, teor de proteína nos grãos e teor de óleo. Concluiu-se que todas as oleaginosas avaliadas em função dos teores de óleo possuem potencial para produção de grãos para indústria de biodiesel. Os altos teores de proteína, superior ao da soja viabiliza a utilização da torta para utilização na composição de rações para alimentação animal. As baixas produtividades de grãos das oleaginosas obtidas nesta pesquisa inviabilizam a recomendação das mesmas para produção de biodiesel.

Palavras-chaves: Milho, Soja, cobertura de solo, Grandes culturas

ROTATION AND SUCCESSION OF CULTURES WITH EMPHASIS ON OIL FALL - WINTER IN DIRECT PLANTING

ABSTRACT. The objective of this research was to evaluate the effects of rotation and succession planting on yield components of soybean, corn and oilseeds. The research was conducted at the Experimental Farm UFGD in Dourados / MS. In the first experiment : crop rotation and succession yield components of soybean experimental design was a randomized block design with nine treatments and four replicates for the growing seasons 2010/2011 and 2011/2012 . The treatments consisted of crop rotations in 2010/ 11: fallow, corn, corn + brachiaria , wheat , sunflower, oilseed radish , crambe , canola and niger . And in 2011/12: fallow , corn , corn + brachiaria , sunflower , wheat , canola, turnip and Niger . The height of plant, the first pod, number of pods per plant, yield and thousand grain weight. It can be concluded that the lack of rainfall in the 2011/2012 crop season caused lower plant height and average difference of 20 bags of the 2010 /2011 crop, oilseed crops and grasses in crop rotation system had no effect negatives about soy cultivation. In the second experiment : crop rotation and succession yield components of corn , the experimental design was a randomized complete block design with eight treatments and four replicates for the growing seasons 2010/2011 and 2011/2012 . The treatments consisted of crop rotations in 2010/ 11 and 2011/12: fallow, maize, wheat, sunflower, oilseed radish, crambe, canola and niger. Plant height and stem diameter, height, first ear diameter and ear length, number of grains per ear, yield and weight of thousand kernels were evaluated. According to the results obtained and the conditions under which the experiment was conducted, it can be concluded that the response of maize in relation to crop rotation depends on climatic conditions; sown after the niger, crambe, canola and sunflower corn has higher grain yield when weather conditions allow the plant to express their productive capacity; adverse weather conditions in the crop rotation does not affect the grain yield of maize. In the third experiment: crop rotation and succession yield components of oil, the experimental design was a randomized block in factorial 5 x 2 (five species of oil and two preceding crops) with four replications for the growing seasons 2011 and 2012 . Each treatment consists of oil: oil seed radish (*Raphanus* L. var *Stivus oleiferus* Metzg), crambe (*Crambe abyssinica* Hoehst), canola (*Brassica napus* L. var *oleifera*), safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and niger (*Guizotia abyssinica*) . Oilseed crops were sown after the harvest of soybean and corn in the summer. The mass of plants, plant height , number of branches per plant, yield , thousand grain weight , protein content in grain and oil content were evaluated . It was concluded that all oil assessed against the oil content have potential for grain production for the biodiesel industry. The high-protein, higher than soybean enables the use of pie for use in feed composition feed. The low grain yields of oil obtained in this study make it impossible to recommendation thereof for production of biodiesel.

Keywords: Corn, Soybeans , soil cover , crop Large

INTRODUÇÃO GERAL

A região sul do Mato Grosso do Sul destaca-se por ter um bom número de culturas anuais que podem ser cultivadas para produção de biodiesel, devendo ser utilizadas de acordo com as características e particularidades das mesmas. A inclusão de novas culturas no sistema de produção com características diferentes das cultivadas atualmente, exige cuidado para que estas não causem problemas, principalmente à soja, que é disparadamente a principal cultura econômica da região (EMBRAPA, 2008).

As áreas de milho e soja são normalmente disponibilizadas para o plantio de safrinha a partir do final de fevereiro e início de março. As culturas de plantas oleaginosas de outono/inverno são importantes alternativas fitotécnicas para a ocupação dessas áreas, que estariam desocupadas, promovendo uma melhor utilização dos implementos e mão-de-obra, constituindo-se em alternativa financeira para o agricultor. Ressalta-se que esse processo de sucessão agrícola é fundamental para que haja a quebra no processo de multiplicação de pragas, doenças e plantas daninhas (AMBROSANO, 2012).

A produção de biodiesel nacional encontra-se alicerçada em culturas anuais, principalmente de ciclo primavera/verão, faltando alternativas para o outono/inverno a fim de dar continuidade à produção de biodiesel, além de fazer o papel da rotação de cultura. As espécies escolhidas devem ter propósitos comerciais e de manutenção ou recuperação do meio-ambiente. Para a obtenção de máxima eficiência da capacidade produtiva do solo, o planejamento de rotação deve considerar, além das espécies comerciais, aquelas destinadas à cobertura do solo, que produzam grandes quantidades de biomassa, cultivadas quer em condição solteira ou em consórcio com culturas comerciais (EMBRAPA, 2004).

Em 2004, o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Este Programa tem por objetivo estimular a produção de biodiesel a partir de diversas fontes oleaginosas e em regiões diversas do território nacional, de forma sustentável, promovendo a inclusão social, além de garantir preços competitivos, qualidade e suprimento. A concepção do PNPB está baseada em uma base tecnológica que sustenta três visões: ambiental, social e mercadológica (IBICT, 2006).

Existem diversas plantas oleaginosas no Brasil para a produção de biodiesel, dada a ampla diversidade de nosso ecossistema. Essa é uma vantagem comparativa que o país possui em relação a todos os outros produtores de oleaginosas (LADETEL, 2005).

Com o advento do plantio direto, principalmente as gramíneas começaram a ser cultivadas como cobertura de solo e formadoras de palhada no período de inverno, além de tornar-se uma boa opção de forragem para os animais em propriedades que integram lavouras com a pecuária (CALEGARI, 1994 citado por CASTRO e PREZZOTO, 2008).

A introdução e a difusão do sistema plantio direto proporcionam novas perspectivas de melhoria na qualidade do solo, motivadas pela redução da erosão, ciclagem de nutrientes, atividade biológica e manejo de resíduos culturais. Entretanto, esse sucesso depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano. Isto significa que áreas destinadas às culturas de primavera-verão não devem permanecer em pousio durante o inverno. A escolha das espécies para introdução nos sistemas de culturas depende da adaptação dessas espécies às condições de clima de cada região e do interesse do produtor (CERETTA e FRIES, 1998).

Com isso, objetivou-se nesta pesquisa o efeito da rotação e sucessão de culturas com ênfase em oleaginosas de outono-inverno em plantio direto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSANO, L. Avaliação de plantas oleaginosas potenciais para o cultivo de safrinha. 2012. 82 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

CASTRO, A.M.C.; PREZZOTO, A.L. Desempenho agrônomo do milho em sistema de adubação verde. **Revista Agrarian**. Dourados, v. 1, n. 2, p. 35-44, 2008.

CERETTA, C.A.; FRIES, M.R. **Adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. In: NEUMBERG, N.J. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.111-120.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA SOJA. **Cultivo de Girassol**. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaogirassol/index.htm>> Acesso em: 12 jul. 2012

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil** – Sistemas de Produção 12. Embrapa Soja, Londrina, 2008, 282 p.

IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**. 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em 15 de outubro de 2013.

LABORATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS LIMPAS (LADETEL / USPRP). Palestra. In: Biodiesel: estratégias para produção e uso no Brasil. Unicorp, São Paulo, 2005.

CAPITULO I – ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE SOJA

RESUMO. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da rotação de culturas nos componentes de produção da soja. Esta pesquisa foi iniciada em 2009 na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados – MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições para as safras agrícolas de 2010/2011 e 2011/2012. Os tratamentos foram compostos das rotações de culturas em 2010/11: soja/pousio/soja, soja/milho (*Zea mays*)/soja, soja/milho+braquiaria/soja, milho/trigo (*Triticum aestivum*)/soja, milho/girassol (*Helianthus annuus*)/soja, milho/nabo forrageiro (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferus* Metzg.)/soja, milho/crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst)/soja, canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*)/soja, e milho/níger (*Guizotia abyssinica*)/soja. E em 2011/12: soja/pousio/soja/pousio/soja; soja/milho/soja/milho/soja,soja/milho+braq./soja/milho+braq./soja,soja/girassol/milho/trigo/soja/,soja/canola/milho/girassol/sojasoja/trigo/milho/canola/sojasoja/cártamo/milho/nabo/sojasoja/níger/milho/crambe/soja,soja/milho/milho/níger/soja. A cultura da soja foi semeada após a colheita das culturas antecessoras no inverno. Foram avaliadas a altura de planta, inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, produtividade e massa de mil grãos. De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, pode-se concluir que a falta de chuvas na safra agrícola de 2011/2012 provocou menor altura de plantas e média de 20 sacas de diferença da safra de 2010/2011, as culturas oleaginosas e as gramíneas no sistema de rotação de culturas não provocaram efeitos negativos sobre o cultivo da soja.

Palavras-chave: *Glicine Max* L., oleaginosas, produtividade de grãos.

CHAPTER I - CROP ROTATION AND SUCCESSION OF THE COMPONENTS OF SOYBEAN PRODUCTION

ABSTRACT. The objective of this study was to evaluate the effect of crop rotation on yield components of soybean. This research was initiated in 2009 at the Experimental Farm of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados, located in the municipality of Gold - MS . The experimental design was a randomized block design with nine treatments and four replicates for the growing seasons 2010/2011 and 2011/2012 . The treatments consisted of crop rotations in 2010/11 soybean / fallow / soybean , soybean / corn (*Zea mays*) / soybean , soybean / corn + Brachiaria / soybean , corn / wheat (*Triticum aestivum*) / soybean , corn / sunflower (*Helianthus annuus*) / soybean , corn / fodder radish (*Raphanus stivus* L. var . *oleiferus* Metzg.) / soybean , corn / crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) / soybean , canola (*Brassica napus* L. var . *oleifera*) / soybean , and corn / niger (*Guizotia abyssinica*) / soybean . And in 2011/12 soy / fallow / soybean / fallow / soybean ; soybean / corn / soybean / corn / soybean , soybean / corn + Braq . / soybean / corn + Braq . / soybean , soybean / sunflower / corn / wheat / soybean / , soybean / canola / corn / sunflower / sojasoja / wheat / corn / canola / sojasoja / safflower /Corn / turnip / sojasoja / Niger / corn / crambe / soybean , corn / soybean / corn / Niger / soy. The soybean crop was sown after the harvest of the previous crop in winter. The height of plant, the first pod, number of pods per plant, yield and thousand grain weight . According to the results obtained and the conditions under which the experiment was conducted, it can be concluded that the lack of rainfall in the 2011/2012 crop season caused lower plant height and average difference of 20 bags of the 2010 /2011 season, oilseed crops and grasses in crop rotation system did not cause adverse effects on soybean cultivation .

Keywords: *Glicine Max* L., oilseeds, grain yield

1. INTRODUÇÃO

No sistema convencional de preparo de solo, com o uso de arado e grades, a monocultura tinha alguns de seus efeitos negativos mascarados, pois ao revolver o solo e incorporar os restos de cultura, esse sistema atenuava os problemas de infestações de plantas daninhas, pragas e doenças. Quando os problemas advindos desse sistema, como a grande perda de solo, e as vantagens do plantio direto se tornam conhecidas, houve uma grande adoção desse novo manejo de solo, onde pesquisadores e produtores solucionarão um dos mais importantes problemas dessa nova fase que se trata de planejar um sistema de rotação de culturas adequado a cada condição (SCALÉA, 2000).

A rotação de culturas apresenta como principais vantagens a contribuição para a melhoria e manutenção da fertilidade do solo; a contribuição significa para a menor incidência de pragas, doenças e plantas daninhas na lavoura; a maior diversificação de culturas na propriedade, o que reduz os riscos de insucesso na atividade agrícola e a contribuição para a manutenção e melhoria da produtividade das culturas (FIDELIS et al., 2003).

A ciclagem de nutrientes é outro benefício importante, pois diferentes culturas requerem adubações diferenciadas, sendo também diferentes os resíduos que permanecerá após os cultivos (FRANCHINI et al., 2011).

O sucesso da produtividade da soja está relacionado com a inclusão de tecnologias de sistemas de produção, onde pode ser destacado o Sistema de Plantio direto (SPD), conceituado como uma técnica de cultivo conservacionista que se fundamenta no revolvimento mínimo do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas (DUARTE JUNIOR e COELHO, 2010).

Mesmo sendo de fundamental importância para a sustentabilidade agrícola, o SPD e a rotação de culturas são adotados, em sua plenitude, por uma minoria de produtores da região sul de Mato Grosso do Sul, cuja prática usual é a sucessão soja/milho, com a semeadura da soja no verão e o milho no outono (“milho safrinha”), havendo assim, a necessidade de uma mudança na forma de pensar a atividade agrícola, a partir de um contexto sócio-econômico, com preocupações ambientais (MANCIN et al., 2009).

Embora nos últimos anos, a permanência de áreas em pousio no outono/inverno, no período de entressafra das culturas comerciais de verão, tenha diminuído significativamente, essa situação ainda é observada em algumas lavouras do Sul do

Brasil. A cobertura vegetal deficiente nesse período deixa o solo mais suscetível à ocorrência de erosão, bem como ao aparecimento de plantas indesejáveis (CARNEIRO et al., 2008). Sem a presença de plantas capazes de ciclar nutrientes aumenta também o potencial de perda dos mesmos por lixiviação, principalmente de N na forma de nitrato (NO_3^-). Por isso, a importância do cultivo de plantas de cobertura de solo no outono/inverno, após a colheita das culturas comerciais de verão.

Para o sucesso do plantio direto a escolha das espécies em rotação de culturas é determinante (ARGENTA et al., 2001; OLIVEIRA et al. 2002). Para ter êxito no sistema plantio direto depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficiente para manter o solo coberto o ano inteiro, o que significa que áreas destinadas às culturas de primavera-verão não devem permanecer em pousio no inverno (CERETTA et al., 2002)

Uma das dificuldades encontradas pelos agricultores é a produção de palha para cobrir o solo e permaneça coberto durante o ano todo. Além da quantidade de palha, a persistência do resíduo é outro fator muito importante a qual está relacionada com a relação C/N (MENEZES et al., 2009).

Para tal, é necessário o maior conhecimento das espécies oleaginosas de outono/inverno e gramíneas em rotação com a cultura da soja no verão e o rendimento da soja sobre a palhada destas culturas. Sendo assim, as culturas da canola, girassol, nabo forrageiro, cártamo, crambe e níger carecem de informações sob a cultura da soja e as características dos seus resíduos vegetais.

Nesse sentido, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da rotação e sucessão de culturas nos componentes de produção da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi iniciada em 2009 na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados – MS.

O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Cfa (Clima Mesotérmico Úmido sem estiagem), em que a temperatura do mês mais quente é superior a 24°C, com temperatura média de 22°C e a precipitação pluviométrica anual da região é de 1200 a 1400 mm e a evapotranspiração real anual é de 1100 à 1200mm. Nas Figuras 1 e 2 estão os dados referentes às precipitações pluviométricas e temperaturas máximas e mínimas por decêndios durante o período da semeadura até a colheita da cultura do milho nas safras de 2010/11 e 2011/12.

O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf), textura muito argilosa (80% de argila, 14% de silte e 6% de areia) e fertilidade natural variável, profundo, friável e com grande homogeneidade ao longo do perfil. O relevo é normalmente plano e suavemente ondulado. A cobertura vegetal consiste basicamente de pastagens e lavouras formadas em regiões da Floresta Estacional Semidecidual e região da Savana (Cerrado).

A área onde foi demarcado o experimento já havia sendo cultivada anteriormente por vários anos com a cultura da soja no verão e o milho no outono-inverno. A análise do solo revelou a necessidade de correção, as quais foram realizada no mês de setembro de 2009, com aplicação de quatro toneladas do calcário por hectare em toda área, seguido de uma aração e gradagem grade pesada, a seguir, foi aplicado duas toneladas de gesso e incorporado com grade niveladora.

No Anexo 1 contém os valores da análise química de solo, coletadas no mês de setembro de 2010 em duas profundidades (0-10 cm e 10-20cm), para os tratamentos. Para cada profundidade foram coletadas cinco amostras simples de solo para formar a amostra composta. Os valores representam a média das quatro repetições por tratamento. As amostras após serem peneiradas foram submetidas às determinações dos atributos químicos, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997).

No Anexo 2 encontra-se os valores da análise de matéria orgânica do solo amostradas nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5,0 e 5,0-10 cm, coletadas no mês de setembro de 2012. Da mesma forma que a análise química, foi coletada cinco amostras

imples para formas a amostra composta. Os valores representam a média de quatro repetições por tratamento.

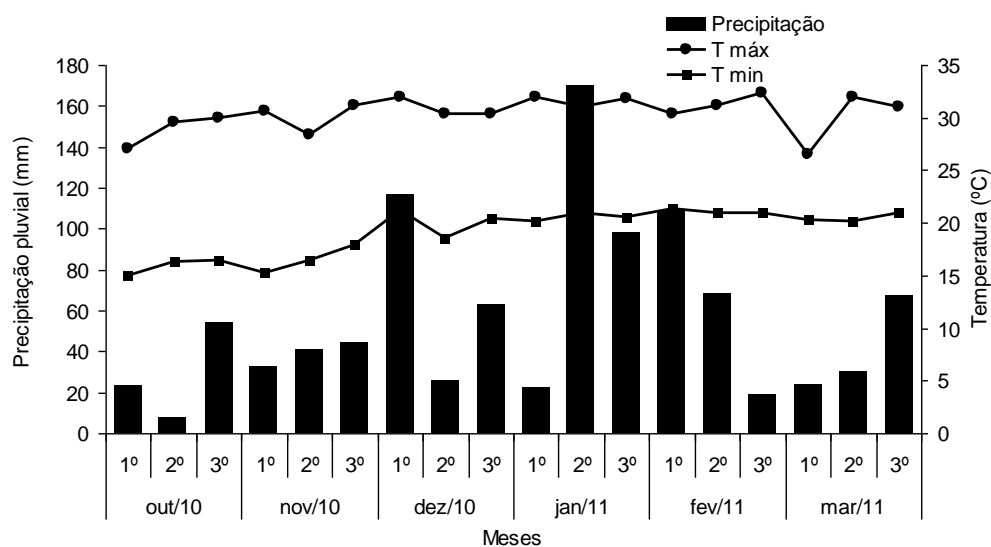


Figura 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas por decêndio no período de outubro de 2010 a março de 2011 (Safra 2010/2011). Fonte: Estação Meteorologia da UFGD. Dourados – MS, 2010 e 2011.

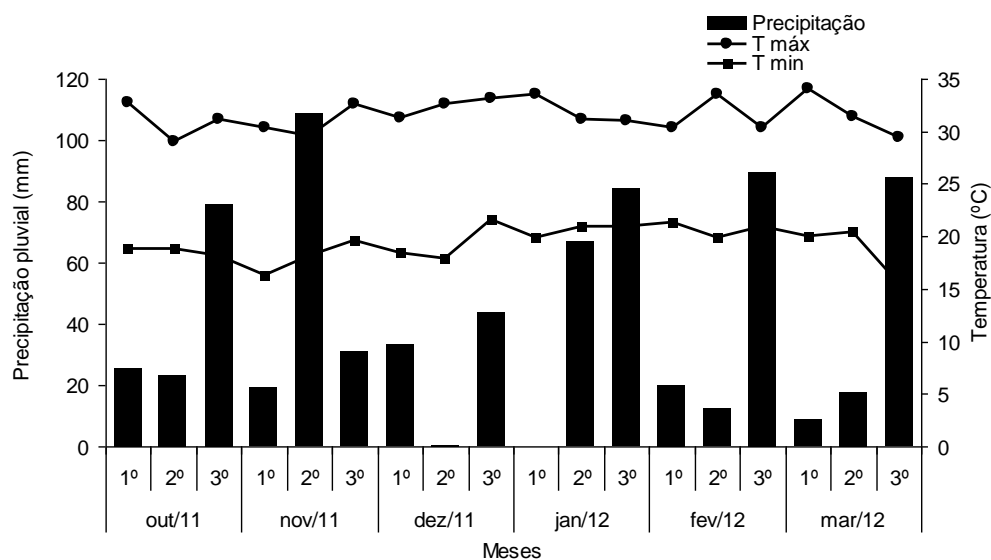


Figura 2. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas por decêndio no período de outubro de 2011 a março de 2012 (Safra 2011/2012). Fonte: Estação Meteorologia da UFGD. Dourados – MS, 2011 e 2012.

A determinação dos teores de carbono total foi feita utilizando a metodologia proposta por Yeomans e Bremner (1988), por oxidação via úmida com aquecimento externo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições para as safras agrícolas de 2010/2011 e 2011/2012. Cada tratamento

foi semeado em uma parcela experimental medindo 15 m de largura, com 35 m de comprimento (525 m²)

Na Tabela 1 estão os tratamentos relacionados com sistemas de produção de grãos com as espécies de outono-invernos semeadas como culturas antecessoras ao milho que foram semeadas no verão de cada ano agrícola. Na Tabela 1 estão descritos a sequência dos tratamentos nas safras agrícolas de 2010/11 e 2011/12.

TABELA 1. Sequência de rotação e sucessão de cultura envolvendo espécies para produção de grãos e de óleo para biodiesel.

Rotação de culturas	Ano agrícola					
	2009/10	2010	2010/11	2011	2011/12	2012
	Verão	Outono/inverno	Verão	Outono/inverno	Verão	Outono/inverno
1	Soja	Pousio	Soja	Pousio	Soja	Pousio
2	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho
3	Soja	Milho +braquiaria	Soja	Milho +braquiaria	Soja	Milho +braquiaria
4	Soja	Girassol	Milho	Trigo	Soja	Canola
5	Soja	Canola	Milho	Girassol	Soja	Milho
6	Soja	Trigo	Milho	Canola	Soja	Girassol
7	Soja	Cártamo	Milho	Nabo forrageiro	Soja	Milho
8	Soja	Níger	Milho	Crambe	Soja	Milho
9	Soja	Milho	Milho	Níger	Soja	Crambe
10	Milho	Girassol	Soja	Trigo	Milho	Canola
11	Milho	Canola	Soja	Girassol	Milho	Trigo
12	Milho	Trigo	Soja	Canola	Milho	Girassol
13	Milho	Nabo forrageiro	Soja	Milho	Milho	Cártamo
14	Milho	Crambe	Soja	Milho	Milho	Níger
15	Milho	Níger	Soja	Crambe	Milho	Trigo

No planejamento do experimento foi determinado que as rotações de culturas fossem avaliadas ao longo dos anos, considerando que as condições climáticas variam entre os anos. Desta forma, houve a necessidade de ter o dobro de parcelas, considerando que no verão ocorre a rotação de cultura entre a soja e milho e no outono-

inverno com as espécies de oleaginosas e de poaceas semeadas em sucessão a soja e milho respectivamente.

Na rotação de culturas das safras agrícolas de 2010/11 e 2011/12, o tratamento 1 representa o sistema de produção onde é cultivado soja no verão e com pousio no inverno. Este tratamento tem por objetivo avaliar a soja sem cultura antecessora de outono-inverno e sem cobertura de solo, considerando que toda sementeira de plantas daninhas que emergem na parcela é dessecada com glifosate. O tratamento 2 representa o sistema que é bastante utilizado na maioria das regiões do Brasil (Sul, Sudeste e Centro Oeste) onde cultivam o milho safrinha. Neste caso, a soja é semeada no verão e o milho no outono/inverno, semeado no período de fevereiro a março, caracterizando duas monoculturas. O tratamento 3 é semelhante ao tratamento 2, porém, o milho semeado no outono/inverno é consorciado nas entrelinhas com a *Braquiaria ruziziensis* (Tabela 1).

No ano agrícola 2010/2011 nos tratamentos 10; 11; 12; 13; 14 e 15 foi avaliada a rotação de culturas entre o milho/girassol/soja, milho/canola/soja, milho/trigo/soja, milho/nabo forrageiro/soja, milho/crambe/soja e milho/níger/soja. Na safra 2011/2012 as rotações de culturas soja/girassol/milho/trigo/soja, soja/canola/milho/girassol/soja, soja/trigo/milho/canola/soja, soja/cártamo/milho/nabo/soja, soja/níger/milho/crambe/soja e soja/milho/milho/níger/soja, foram avaliadas nos tratamentos 5; 6; 4; 7; 8 e 9 respectivamente. Na safra 2011/2012 as mesmas sequências estão representadas nos tratamentos 5; 6; 4; 7; 8 e p (Tabela 1).

Desta forma foi possível avaliar ao longo dos anos o efeito das culturas antecessoras de outono-inverno nos componentes de produção da soja. Para cada ano agrícola foi analisado separadamente o efeito das rotações para a cultura da soja, bem como a análise conjunta das duas safras de soja em rotação e sucessão com as gramíneas e oleaginosas.

A semeadura da soja, cultivar BMX Potência RR, com características de precocidade e resistência ao glifosato, foi realizada no dia 20 de outubro de 2010 e 10 de outubro de 2011 sobre os restos culturais das oleaginosas e gramíneas.

A semeadura da soja foi realizada mecanicamente utilizando-se uma semeadora-adubadora, equipada para plantio direto, com sete linhas, espaçadas entre si de 0,45 m. A adubação de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 00-20-20 + 0,3% Zn + 0,3%B. o controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida glifosato, na dose de 3 litros por hectare.

O controle de pragas foi realizado com aplicação do inseticida clorantraniliprole, na dose de 2 g de i.a. ha⁻¹ para controle de lagartas e do inseticida bifentrina, na dose de 15 g de i.a. ha⁻¹ para o controle de percevejo. O controle de doenças foi realizado com o fungicida azoxistrobina+ ciproconazol, na dose de 60 + 24 g de i.a. ha⁻¹ respectivamente, aplicados nos estádio R2 e R5.3 respectivamente. A colheita da soja foi realizada no dia 10 de março de 2011 e 28 de fevereiro de 2012.

Foram realizadas as seguintes determinações para a cultura da soja:

Altura de planta: Foi determinada no momento da colheita, medindo-se dez plantas ao acaso dentro de cada parcela por repetição, com régua graduada em cm, a distância entre o nível do solo até o ápice da planta.

Inserção da primeira vagem: Antes da colheita, a altura da inserção foi determinada com régua graduada em centímetros, tomando-se a distância entre o nível do solo e o início da primeira inserção da vagem.

Número de vagens por planta: Antes da colheita, foram amostradas 5 plantas por parcela e em seguida a contagem do número de vagens, com os valores representando a média de vagens por planta.

Produtividade: Foi determinada após a maturação fisiológica das plantas, amostrando-se uma área de 4,5m², dentro de cada parcela e repetição. Após a trilha das plantas em trilhadeira estacionária e limpeza dos grãos, os mesmos foram pesadas em balança digital, corrigindo-se o grau de umidade para 13%, com os valores expressos em kg ha⁻¹.

Massa de mil grãos: Após determinada a produtividade foi efetuada a contagem de oito sub-amostras de 100 grãos por repetição de cada tratamento. As amostras foram pesadas em balança de precisão com três casas decimais, corrigindo-se o grau de umidade para 13%. A massa de 1000 grãos foi determinada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

Os dados de todas as características avaliadas foram submetidos à análise de variância, para verificação dos efeitos de rotação de culturas. As comparações das médias foram feitas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o aplicativo computacional Assistat, desenvolvido por Silva e Azevedo (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados de altura de planta, inserção da 1ª vagem, produtividade e massa de mil grãos não foram significativos para a cultura da soja no ano de 2010/2011, apenas a variável número de vagens por planta foi significativa neste ano. Na safra de 2011/2012 aconteceu o mesmo ao ano anterior, diferindo apenas o número de vagens por planta (Anexos 3 e 4).

A altura de planta e inserção da primeira vagem na cultura da soja na safra de 2010/2011 e 2011/2012 não mostraram diferença significativa entre as rotações estudadas (Tabelas 1 e 2). Mas as médias da primeira safra estudada destas variáveis estavam de acordo com a variedade utilizada, a BMX RR Potência, que atinge altura média de plantas em torno de 1,12 m e inserção de vagem de 16 cm para a região sul de Mato Grosso do Sul

A altura de planta e inserção de vagens da soja é determinada pela genética da variedade, sendo influenciado por condições como a fertilidade do solo, o clima, a época de semeadura e da latitude (BORÉM, 2000).

A ausência de chuvas na safra de 2011/2012 causou o menor porte das plantas. a escassez de chuvas na fase vegetativa (primeiro decêndio de outubro, primeiro e terceiro decêndio de novembro) reduziram o crescimento da planta e a área foliar, com uma média de 73 mm de precipitação pluvial neste período, o que não satisfaz a necessidade da cultura que é cerca de 7 a 8 mm/dia (FARIAS et al., 2007) durante a floração e enchimento de grãos, decrescendo após este período. o déficit hídrico também ocorreu no primeiro e segundo decêndio de dezembro (início da floração), no primeiro decêndio de janeiro, provavelmente na fase R4 (vagem completamente desenvolvida) e R5 (início do enchimento dos grãos), como se observa na Figura 2.

Pesquisa desenvolvida por Brandt et al. (2006) e Mancin et al. (2009) não encontraram diferenças significativas para altura de plantas e inserção da primeira vagem em função da rotação ou sucessão de culturas estudadas. Pedroso (2011) não verificou diferenças significativas para altura de planta, altura de inserção da primeira vagem e número de ramificações da soja, ao estudar o desempenho agrônomo da soja em sucessão de culturas com espécies oleaginosas.

Confalone e Dujmovich (1999) evidenciam que a ocorrência de déficit hídrico no final do período reprodutivo (R4- R6) causam reduções mais drásticas no rendimento de grãos, sendo a ocorrência de déficit hídrico durante o período de enchimento dos

grãos mais prejudicial do que durante a floração. Déficits hídricos expressivos, durante a floração e o enchimento de grãos provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento dos estômatos e o enrolamento de folhas, e como consequência, aumentam a queda prematura de flores e ocasionam o abortamento e o “chochamento” de grãos, com a consequente diminuição do número de vagens e o aparecimento de vagens vazias ou “chochas”.

Esta pode ser a mais provável explicação para a significância do número de vagens nos dois anos agrícolas e as produtividades não ter se diferenciado entre os tratamentos estudados. O maior número de vagens não significa que a produtividade teria que se diferenciar, pois provavelmente pode ter ocorrido o surgimento de vagens vazias ou com grãos chochos.

Tabela 2. Valores médios das variáveis: altura de planta (m) (AP), inserção da primeira vagem (cm) (Ins.1°vagem), número de vagens por planta (NVP), produtividade (kg ha⁻¹) (Prod.) e massa de mil grãos (g) (M1000) da cultura da soja em função da rotação de culturas com gramíneas e oleaginosas na safra de 2010/11. Dourados – MS, 2011.

Tratamento	Rotação de culturas	AP(m)	Ins. 1°vagem (cm)	NVP	Prod. (kg ha ⁻¹)	M1000 (g)
1	Soja/Pousio/Soja	1,12 a	21,42 a	68,0 b	3719 a	134,29 a
2	Soja/Milho/ Soja	1,03 a	20,17a	58,0 c	3636a	138,13 a
3	Soja/Milho + braquiaria/Soja	0,99 a	16,87 a	66,0 b	3475a	125,66 a
12	Milho/Trigo/ Soja	1,02 a	16,72 a	57,0 c	3631 a	123,09 a
10	Milho/Girassol/Soja	0,99 a	17,47 a	66,0 b	3462 a	137,69 a
11	Milho/Canola/Soja	1,03 a	13,93 a	51,0 d	3334 a	137,76 a
13	Milho/Nabo/Soja	0,94 a	16,17 a	77,0 a	3542 a	133,65 a
14	Milho/Crambe/Soja	1,04 a	16,49 a	67,0 b	3641 a	133,92 a
15	Milho/Níger/Soja	1,04 a	17,35 a	64,0 b	3644 a	131,99 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre as rotações não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Ao contrário de Carvalho et al. (2004) que não encontrou diferenças significativas para esta variável ao estudar soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto em solo de Cerrado. O tratamento com a rotação milho/nabo forrageiro/soja foi onde se obteve o maior número de vagens (77 vagens/planta) na safra de 2010/2011. Já quando a soja foi cultivada sobre os restos culturais da canola foi encontrado menor quantidade de vagens por planta (51 vagens/planta).

Este resultado pode ser devido à diferença de massa seca entre estas culturas oleaginosas de inverno que antecederam a soja nesta safra, o nabo forrageiro deixa

maior quantidade de resíduos vegetais no solo do que a canola. O nabo forrageiro e a canola com médias de 2328 e 1470 kg ha⁻¹ de massa seca, respectivamente (PEDROSO, 2011).

As médias das produtividades nas safras 2010/2011 e 2011/2012 foram respectivamente: 3580,26 e 2297,84 kg ha⁻¹. Não havendo diferenças significativas para os anos isolados entre as rotações de culturas estudadas (Tabelas 2 e 3).

No Brasil a produtividade média de soja na safra 2010/11 foi de 3115 kg ha⁻¹ e no Mato Grosso do Sul foi de 2937 kg ha⁻¹, enquanto que na safra agrícola 2011/12 a média de produtividade no país foi de 2656 kg ha⁻¹ e no Mato Grosso do Sul de 2550 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012). Não sendo inferiores as produtividades encontradas nesta pesquisa com as safras do país e do Estado.

Apesar de não ter havido diferença da rotação de culturas na produtividade, observa-se que na rotação onde o níger antecedeu a soja (Tratamentos 15 e 9) apresentou em magnitude maior produtividade, 61,9 e 40,6 sacas de soja nas safras 2010/11 e 2011/12 respectivamente. Observa-se também na rotação soja/milho/soja, milho/canola/soja e milho/crambe/soja a produtividade foi em torno de 60 sacas por hectare na safra de 2010/2011.

Bergamim (2012) relata que a cultura do níger tem potencial para melhorar o ambiente físico do solo. Além disso, apresentou menor valor de densidade do solo e maior macroporosidade. Carneiro et al. (2008) observaram que a cultura do níger produziu quantidade satisfatória de fitomassa (> 14 ton. ha⁻¹) e promoveu aumentos da atividade microbiana do solo, melhorando sua estrutura.

Mas quando se compara as safras (Tabela 5), em 2010/2011 a produtividade da soja foi significativamente maior que em 2011/2012. As condições climáticas adversas ocorridas neste ano agrícola, caracterizada por estiagens prolongadas causadas pelo fenômeno “La Niña” foram os responsáveis pelo resultado negativo da safra.

Tabela 3. Valores médios das variáveis: altura de planta (m) (AP), inserção da primeira vagem (cm) (Ins. 1^ovagem), número de vagens por planta (NVP), produtividade (kg ha⁻¹) (Prod.) e massa de mil grãos (g) (M1000) da cultura da soja em função da rotação de culturas com gramíneas e oleaginosas na safra de 2011/12. Dourados – MS, 2012.

Tratamento	Rotação de culturas	AP(m)	Ins. 1 ^o vagem (cm)	NVP	Prod. (kg ha ⁻¹)	M1000 (g)
1	Soja/Pousio/Soja/Pousio/Soja	0,69 a	12,70 a	68,0 a	2250 a	145,06 a
2	Soja/Milho/Soja/Milho/Soja	0,75 a	13,95 a	57,0 b	2316 a	139,04 a
3	Soja/Milho+Braq./Soja/Milho+Braq./Soja	0,77 a	12,25 a	65,0 a	2343 a	136,82 a
4	Soja/Girassol/Milho/Trigo/Soja/	0,66 a	13,45 a	65,0 a	2245 a	137,16 a
5	Soja/Canola/Milho/Girassol/Soja	0,71 a	11,30 a	63,0 a	2236 a	114,06 b
6	Soja/Trigo/Milho/Canola/Soja	0,74 a	12,80 a	59,0 b	2216 a	133,22 a
7	Soja/Cártamo/Milho/Nabo/Soja	0,69 a	12,70 a	73,0 a	2275 a	135,41 a
8	Soja/Níger/Milho/Crambe/Soja	0,74 a	12,80 a	65,0 a	2356 a	143,37 a
9	Soja/Milho/Milho/Níger/Soja	0,69 a	12,70 a	63,0 a	2439 a	143,58 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre as rotações não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Carvalho et al. (2004) e Fontaneli et al. (2000) ao estudar o rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto, não observaram diferença significativa para a produtividade da soja.

Pesquisa desenvolvida no Paraná por Franchini et al. (2011) concluíram que a soja apresenta respostas positivas à rotação de culturas, particularmente quando cultivada no verão subsequente ao cultivo de milho de verão. Considerando a produtividade média da soja no sistema de rotação com milho em relação à observada na sucessão com trigo, o ganho acumulado na produtividade da oleaginosa correspondeu a 17%. De acordo com os autores os efeitos positivos da rotação de culturas sobre a produtividade da soja podem ser atribuídos à recuperação da qualidade do solo devido a maior produção de fitomassa da parte aérea e raízes pelas culturas da aveia e do milho, e ao fornecimento adicional de N ao sistema pela leguminosa antecedendo ao milho.

Para a massa de mil grãos da cultura da soja não houve diferenças significativas safra agrícola 2010/2011 (Tabela 5), corroborando com Debiasi et al. (2010) estudando a produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação do solo. A média de massa de mil grãos verificada pelos mesmos autores foi de 224 g, superando aos registrados neste experimento (133,09 g). Mas foi significativa na safra de 2011/2012, onde a menor massa foi obtida no cultivo após o girassol (Tratamento 5), com um valor de 135,06 g (Tabela 3).

A fertilidade do solo da área experimental (Anexo 1), esta adequada para as culturas estudadas nesta pesquisa, com pH em água entorno de 5,5, na profundidade superficial de 0-20 cm, os teores de alumínio são considerados baixos de acordo com Embrapa (2011), já na camada subsuperficial, embora estejam com níveis médios de Al^{+3} não estão classificados como tóxicos para a cultura da soja ($>0,5 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de Al^{+3}).

Os teores de P e K estão classificados como: na superfície (0-20 cm) estão bons em todos os tratamentos, mas na subsuperfície (20-40 cm) encontra-se em níveis muito baixos, mas este fato não foi suficiente para a produtividade cair na safra de 2010/2011, visto que, a redução da safra de 2011/2012 não foi devido à fertilidade do solo, pois além das adubações de manutenção, as culturas de inverno na rotação disponibilizavam nutrientes ao solo através da ciclagem de nutrientes.

A saturação de bases está ao redor de 70-80%, considerado adequado para a cultura da soja. No geral, observa-se que os teores dos macronutrientes analisados estão adequados para a leguminosa e dessa forma, a adubação aplicada na cultura durante a condução do experimento atendeu às necessidades nutricionais da planta nas condições de fertilidade do solo apresentadas.

O carbono é um elemento essencial para o crescimento das plantas, e não são encontrados no material de origem do solo, logo, sua adição ao solo é devido à presença de matéria orgânica, produzida a partir dos resíduos deixados pelas culturas exploradas (MANCIN, 2010). Como o C é o elemento predominante na composição da matéria orgânica, este elemento é considerado indicador de qualidade do solo, portanto, é imprescindível sua avaliação no solo.

De acordo com Sousa e Lobato (2002), na camada de 0-20 cm de solos cultivados com culturas anuais e com textura muito argilosa, valores menores que 16 g kg^{-1} de carbono consideram baixos, entre 16 e 20 g kg^{-1} valores médios, e entre 21 e 30 g kg^{-1} os adequados. Os teores de matéria orgânica determinado em 2012 no solo deste experimento, nas profundidades de 0 - 2,5; 2,5 - 5,0 e de 5,0 a 10 cm são considerados de médio a alto, com algumas variações em função da espécie (Anexo 2), resultado do aporte anual de palha no sistema.

A relação C/N assume relevante papel na taxa de mineralização e imobilização de N pelos microorganismos do solo. Resíduos vegetais com relação C/N abaixo de 23 favorecem a liberação de N, apresentando reflexos positivos sobre o suprimento deste elemento as culturas anuais (ROSSATO, 2004).

Geralmente se aceita que materiais com relação C/N igual a 25, causando equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização, enquanto valores superiores causem imobilização líquida e os abaixo de 25 promovem mineralização líquida (AITA, 1997).

Neste caso, as culturas no inverno que antecederam a soja no sistema de rotação como o nabo forrageiro possui uma relação C/N em torno de 22:1 a 29:1 (LIMA et al., 2007) e massa seca pode variar em 3580 a 5530 kg ha⁻¹, sendo uma planta com crescimento inicial rápido e elevada capacidade de reciclar nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (GIACOMINI et al., 2003; MELLO et al., 2008). A canola e o crambe por pertencer também a família do nabo forrageiro, as Crucíferas, possuem relação C/N semelhante e a massa seca do crambe pode chegar ao florescimento em 4070 kg ha⁻¹ (MAUAD et al., 2011), estas são espécies oleaginosas com potencial para cobertura verde na rotação de culturas como recicladora de nutrientes do solo (PITOL, 2008; TOMM et al., 2009).

As culturas do girassol (1409 a 2855 kg ha⁻¹ de MS) (SODRÉ FILHO et al., 2004) e níger (14020 kg ha⁻¹ de MS) (CARNEIRO et al., 2008), assim sendo, os restos vegetais são rapidamente decompostos e a ciclagem de nutrientes beneficia às culturas em sucessão, disponíveis em grande quantidade nos restos culturais destas culturas. O restante da resteva no solo, como maior relação C/N e menor taxa de decomposição, contribui com a cobertura do solo por maior parte do tempo (LEITE e CASTRO, 2006).

Com isso, as oleaginosas como nabo forrageiro, crambe, cártamo, níger, girassol e canola possuem maior taxa de decomposição, em relação a menor taxa de C/N, quando se compara as gramíneas utilizadas no presente trabalho (milho e trigo) e outras como a aveia preta, empregadas como adubo verde. De acordo com Kiehl (1985), o trigo e o milho possuem alta relação C/N, em torno de 70:1 e 111/1 respectivamente, fazendo que a palhada destas permaneçam por mais tempo no solo, e os nutrientes sejam liberados com uma velocidade menor em relação aos resíduos vegetais anteriormente citados.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, pode-se concluir que a falta de chuvas na safra agrícola de 2011/2012 provocou menor altura de plantas e média de 20 sacas de diferença da safra de 2010/2011.

As culturas oleaginosas e as gramíneas no sistema de rotação de culturas não provocaram efeitos negativos sobre o cultivo da soja

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. **Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão.** In: FRIES, M.R. & DALMOLIN, R.S.D. Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em Plantio Direto. Santa Maria, UFSM/Departamento de Solos, 1997. p. 76-111.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FLECK, N.G.; BORTOLINI, C.G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.6, p.851-860, 2001.

BERGAMIN, A.C. **Indicadores da qualidade estrutural de um Latossolo cultivado com oleaginosas em sistemas de sucessão com soja e milho.** 2012. 115 p. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

BORÉM, A.. Escape gênico: os riscos do escape gênico da soja no Brasil. ***Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento***, Brasília, 2000, v. 10, p. 101-107.

BRANDT, E.A.; SOUZA, L.C.F.; VITORINO, A.C.T.; MARCHETTI, M.E. Desempenho agrônomico da soja em função da sucessão de culturas em sistema plantio direto. ***Revista Ciência e Agrotecnologia***, Lavras, v.30, n.5, p.869-874, 2006.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 2009. 395p.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. ***Revista Bragantia***. Campinas, v.67, n.2, p.455-462, 2008.

CARVALHO, M.A.C.; ATHAYDE, M.L.F.; SORATTO, R.P.; ALVES, M.C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto em solo de Cerrado. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, Brasília, v.39, n.11, p.1141-1148, 2004.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. ***Revista Ciência Rural***, v.32, n.1, p. 49-54, 2002.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira-Grãos**, Safra 2011/2012, 11º Levantamento, Agosto/2012. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_08_09_50_57_boletim-portugues_agosto_2012.pdf

CONFALONE, A.; DUJMOVICH, M.N. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.2, p.183-187, 1999.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K.M. Produtividade de soja e milho após cobertura de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.603-612, 2010.
Disponível em: <<:http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=716>>.

DUARTE JUNIOR, J. B.; COELHO, F. C. **Rotação de Culturas**. Manual Técnico, 22. Programa Rio Rural: Niterói, RJ, 2010. 13 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Embrapa, Londrina, Circular Técnica, 48, 2007, 9 p.

FIDELIS, R.R.; ROCHA, R.N.C.; LEITE, V.T.; TANCREDI, F.D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, n.1, p.23-31, 2003.

FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; VOSS, M.; AMBROSI, I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.349-355, 2000.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para produção agrícola sustentável no Paraná**. Embrapa Soja: Londrina: Embrapa Soja. Documento/Embrapa Soja IS SN 1516-781X; n 327), 2011, 52p.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.325-334, 2003.

KIEHL, J. E. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ed. Ceres, 1985. 492 p.

LEITE, R.M.V.B.; CASTRO, C. **Girassol: uma opção para a diversificação no sistema de rotação e produção de biocombustíveis**. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, ed. 93, 2006.

LIMA, J.D.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, R.K.; SOLIMAN, E.P.; MORAES, W.S. Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.1, p.60-63, 2007.

MANCIN, C.R.; SOUZA, L.C.F.; NOVELINO, J.O.; MARCHETTI, M.E.; GONÇALVES, M.C. Desempenho agrônômico da soja sob diferentes rotações e

sucessões de culturas em sistema plantio direto. **Acta Scientiarum.Agronomy**, Maringá, v.31, n.1, p.71-77, 2009.

MANCIN, C.R. **Matéria orgânica e formas de alumínio em um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto consolidado**. 2010. 80 p. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

MAUAD, M.; VITORINO, A.C.T.; SOUZA, L.C.F.; HEINZ, R.; GARBIATE, M.V. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do crambe em função da época de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 56, n.1., p. 53-60, 2013.

MELLO, D.F.; FRANZOLIN, R.; FERNANDES, L.B.; FRANCO, V.M.; ALVES, T.C. Avaliação do resíduo de nabo forrageiro extraído da produção de biodiesel como suplemento para bovinos de corte em pastagens. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.9, n.1, p.45-56, 2008.

MENEZES, L.A.S.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JUNIOR, J.P.; FERREIRA, A.C.B.; SANTANA, J.C.; BARROS, R.G. Produção de fitomassa de diferentes espécies isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.1, p. 7-12, 2009.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.8, p.1079-1087, 2002.

PEDROSO, F.F.; **Desempenho agrônomo da soja em sucessão com espécies oleaginosas**. 2011. 39 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

PITOL, C. **Cultura do crambe**. In: FUNDAÇÃO MS. Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno. Maracaju, MS, 2008. p. 85-88.

ROSSATO, R.R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo sob plantio direto**. 2004. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

SCALÉA, M.J. Plantio direto e rotação de culturas: benefícios que somam. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.31, n.56, 2000.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A.M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.327-334, 2004.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed). Anexos. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002, p.381-416.

TOMM, G.O.; WIETHOLTER, S.; DALMAGO, G.A.; SANTOS, H.P. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Embrapa, Documentos 113, 2009, 39 p.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Science And Plant Analysis*, London, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

ANEXOS

Anexo 1. Valores médios da análise de solo amostradas nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, coletado no mês de setembro 2012. Dourados-MS, 2010.

Tratamento	Profundidade	pH água	pH CaCl ₂	P (mg/dm ³)	mmol _c dm ⁻³							
					K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V%
1	0-20	5,60	5,25	10,58	2,55	1,20	5,14	1,63	1,78	70,25	88,05	79,79
1	20-40	5,55	4,94	1,92	0,59	3,90	2,49	0,99	1,93	35,34	54,63	64,11
2	0-20	5,83	5,23	6,09	2,21	1,20	5,65	1,54	1,97	74,13	93,82	79,31
2	20-40	5,67	4,94	1,50	0,59	3,60	2,47	0,78	1,83	33,04	51,34	63,65
3	0-20	5,55	5,05	14,20	2,31	1,20	5,74	1,46	1,81	74,26	92,32	80,47
3	20-40	5,43	4,72	2,17	0,84	4,80	2,32	0,78	1,84	31,84	50,22	63,06
4	0-20	5,83	5,23	11,34	2,26	0,60	4,99	1,53	1,50	67,46	82,49	81,81
4	20-40	5,64	4,95	1,69	0,45	3,90	2,01	0,73	1,68	27,82	44,65	62,47
5	0-20	5,93	5,20	12,22	3,06	0,90	4,65	1,56	1,54	65,21	80,60	80,00
5	20-40	5,52	4,83	2,08	0,78	4,50	2,58	1,01	1,74	36,63	54,02	67,53
6	0-20	5,82	5,06	12,63	2,37	1,80	5,79	1,82	1,50	78,45	93,46	83,83
6	20-40	5,51	4,75	1,64	0,83	5,10	2,45	0,74	2,22	32,70	54,90	61,38
7	0-20	5,90	5,25	12,98	2,72	0,00	5,92	1,81	1,43	79,99	94,24	84,70
7	20-40	5,50	5,09	2,06	0,87	3,00	2,31	0,87	1,43	32,69	46,97	69,12
8	0-20	6,05	5,30	14,52	2,74	0,60	5,48	1,65	1,50	74,04	89,03	82,63
8	20-40	5,42	4,84	1,83	0,69	4,20	2,21	0,86	2,60	31,41	57,39	55,60
9	0-20	5,95	5,30	17,08	2,09	0,30	6,27	1,84	2,34	83,24	106,60	78,33
9	20-40	5,53	4,85	2,08	0,73	4,20	2,37	0,93	1,52	33,73	48,92	68,99

Rotação de culturas 2011/2012

1= Soja/Pousio/Soja/Pousio/Soja

2= Soja/Milho/Soja/Milho/Soja

3= Soja/Milho+Braq./Soja/Milho+Braq./Soja

4= Soja/Girassol/Milho/Trigo/Soja/

5= Soja/Canola/Milho/Girassol/Soja

6= Soja/Trigo/Milho/Canola/Soja

7= Soja/Cártamo/Milho/Nabo forrageiro/Soja

8= Soja/Níger/Milho/Crambe/Soja

9= Soja/Milho/Milho/Níger/Soja

Anexo 2. Valores médios da análise de matéria orgânica do solo (Carbono total) amostradas nas profundidades de 0-2,5 cm; 2,5-5,0 cm e 5,0-10 cm, coletado no mês de setembro de 2012. Dourados-MS, 2012.

Cultura antecessora	Profundidade	g/kg matéria orgânica
1	0-2,5	31,978
1	2,5-5,0	32,367
1	5,0-10	31,313
2	0-2,5	35,130
2	2,5-5,0	32,610
2	5,0-10	29,245
3	0-2,5	45,925
3	2,5-5,0	49,589
3	5,0-10	46,483
4	0-2,5	51,532
4	2,5-5,0	45,637
4	5,0-10	43,360
5	0-2,5	38,754
5	2,5-5,0	31,131
5	5,0-10	30,448
6	0-2,5	56,202
6	2,5-5,0	51,563
6	5,0-10	47,998
7	0-2,5	53,771
7	2,5-5,0	49,827
7	5,0-10	45,349
8	0-2,5	47,457
8	2,5-5,0	43,324
8	5,0-10	44,200
9	0-2,5	41,214
9	2,5-5,0	35,917
9	5,0-10	33,0421

Rotação de culturas 2011/2012

1= Soja/Pousio/Soja/Pousio/Soja

2= Soja/Milho/Soja/Milho/Soja

3= Soja/Milho+Braq./Soja/Milho+Braq./Soja

4= Soja/Girassol/Milho/Trigo/Soja/

5= Soja/Canola/Milho/Girassol/Soja

6= Soja/Trigo/Milho/Canola/Soja

7= Soja/Cártamo/Milho/Nabo forrageiro/Soja

8= Soja/Níger/Milho/Crambe/Soja

9= Soja/Milho/Milho/Níger/Soja

Anexo 3. Análises de variância de produtividade, altura de planta, número de ramificações por planta, inserção da primeira vagem, número de vagens por planta e massa de mil grãos da cultura da soja em função da rotação de culturas com gramíneas e oleaginosas na safra 2010/2011. Dourados – MS, 2011.

Fator de variação	Quadrados médios					
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	DMS
Altura de planta	0,00836	0,00835	0,00203	4,39	4,10	0,10
Inserção da 1ª vagem	165,34386	17,33979	12,71	13,53	1,36	8,68
Número de vagens/planta	36,75833	202,94722	13,25833	5,68	15,30	8,68
Produtividade	216479,02	61117,79	155101,08	11,0	0,39	958,97
Massa de mil grãos	24,33499	102,16210	73,30875	6,43	1,39	20,84

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Anexo 4. Análises de variância de produtividade, altura de planta, número de ramificações por planta, inserção da primeira vagem, número de vagens por planta e massa de mil grãos da cultura da soja em função da rotação de culturas com gramíneas e oleaginosas na safra 2011/2012. Dourados – MS, 2011. Dourados – MS, 2012.

Fator de variação	Quadrados médios					
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	DMS
Altura de planta	239,5985	40,15500	17,59352	5,88	2,28	10,08
Inserção da 1ª vagem	0,70037	2,14694	2,15287	11,52	0,99	3,52
Número de vagens/planta	62,76852	146,9444	26,76	8,17	5,48	12,44
Produtividade	40683,5378	20886,29	29896,17	7,52	0,69	415,83
Massa de mil grãos	161,95648	346,5398	72,950	6,26	7,75	20,54

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

CAPÍTULO II – ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MILHO

RESUMO. Objetivou-se nesta pesquisa avaliar o efeito da rotação de culturas nos componentes de produção do milho. Esta pesquisa foi iniciada em 2009 na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados – MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições para as safras agrícolas de 2010/2011 e 2011/2012. Os tratamentos foram compostos das rotações de culturas em 2010/11: milho/pousio/milho, soja/milho/milho, soja/trigo (*Triticum aestivum*)/milho, soja/girassol (*Helianthus annuus*)/milho, soja/nabo forrageiro (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferus* Metzg.)/milho, soja/crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst)/milho, soja/canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*)/milho e soja/níger (*Guizotia abyssinica*)/milho. E em 2011/12 foram as rotações: milho/pousio/milho/pousio/milho, milho/girassol/soja/trigo/milho, milho/canola/soja/girassol/milho, milho/trigo/soja/canola/milho, milho/cártamo/soja/nabo forrageiro/milho, milho/crambe/soja/milho/milho, milho/níger/soja/crambe/milho, milho/trigo/soja/níger/milho. A cultura do milho foi semeada após a colheita das culturas antecessoras. Foram avaliados: altura de planta e diâmetro do colmo, altura da primeira espiga, diâmetro e comprimento de espiga, número de grãos por espiga, produtividade e massa de mil grãos. De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, pode-se concluir que a resposta da planta de milho em relação à rotação de cultura depende das condições climáticas; o milho semeado após o níger, crambe, canola e girassol apresenta maior produtividade de grãos quando as condições climáticas permitir à planta expressar sua capacidade produtiva; em condições climáticas adversas a rotação de cultura não interfere na produtividade de grãos de milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L., produção de grãos, culturas anuais.

CHAPTER II - ROTATION AND SUCCESSION OF CULTURES IN COMPONENTS OF CORN PRODUCTION

ABSTRACT. The objective of this research was to evaluate the effect of crop rotation on yield components of maize. This research was initiated in 2009 at the Experimental Farm of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados, located in the municipality of Gold - MS. The experimental design was a randomized block design with eight treatments and four replicates for the growing seasons 2010/2011 and 2011/2012. The treatments consisted of crop rotations in 2010/11 maize / fallow / maize, corn / soybean / corn , soybean / wheat (*Triticum aestivum*) / maize , soybean / sunflower (*Helianthus annuus*) / corn , soybean / oilseed radish (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferus* Metzg) / corn / soybean crambe (*crambe abyssinica* Hoechst) / corn , soybean / canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) / corn / soybean niger (*Guizotia abyssinica*) / corn . And in 2011/12 were the rotations : corn / fallow / corn / fallow / maize , corn / sunflower / soybean / wheat / maize , corn / canola / soybean / sunflower / maize , corn / wheat / soy / canola / corn, / safflower / soybean / turnip / corn , corn / crambe / soybean / corn / maize , corn / niger / soybean / crambe / maize , corn / wheat / soy / niger / corn Maize was sown after the harvest of crops predecessors. Plant height and stem diameter, height, first ear diameter and ear length, number of grains per ear, yield and weight of thousand kernels were evaluated . According to the results obtained and the conditions under which the experiment was conducted, it can be concluded that the response of maize in relation to crop rotation depends on climatic conditions; sown after the Niger , crambe , canola and sunflower corn has higher grain yield when weather conditions allow the plant to express their productive capacity ; adverse weather conditions in the crop rotation does not affect the grain yield of maize .

Keywords: *Zea mays* L., grain production, annual crops .

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho é de grande importância econômica e social, devido a sua múltipla utilização, desde a alimentação animal, sob a forma de grãos ou silagem, até a indústria de alta tecnologia. O cereal produzido no Brasil é cultivado em uma área de aproximadamente 14.526,4 milhões de hectares, com produtividade média de 5 t ha⁻¹ (CONAB, 2013).

O milho, no Brasil, tem um alto potencial produtivo, alcançando 10 t de grãos ha⁻¹, em condições experimentais e por agricultores que adotam tecnologias adequadas (CARVALHO et al., 2004). Porém, a média de produtividade nacional não reflete esse potencial atingido por boa parte de produtores, já que essa contempla as produtividades obtidas pelas diversas propriedades com diferentes sistemas de produção, onde, em muitos casos, não são utilizadas técnicas essenciais para obter elevadas produtividades, como calagem, adubação, cultivares melhorada e técnicas culturais, como a utilização de plantas de cobertura (SANTOS et al., 2010).

Com isso, a utilização de espécies de cobertura para a formação de palha é um requisito importante para a implantação e manutenção do sistema de plantio direto. De modo geral, há falta de opção de culturas para o cerrado, com predominância do cultivo de soja no verão e do milho em sucessão, na safrinha, em locais onde há precipitação pluvial suficiente. Quando não há safrinha, o solo fica descoberto por mais tempo, sendo o milheto ou o sorgo eventualmente utilizado como culturas de cobertura nos meses antecedentes à semeadura. Nesse período, o solo fica exposto à ação direta das chuvas, causando-se, dessa forma, perdas, principalmente de água, com prejuízos aos atributos físicos, químicos e biológicos (FIALHO et al., 1991).

Com o sistema de sucessão soja e milho safrinha, predominantemente utilizado no estado de Mato Grosso do Sul, a semeadura de milho no verão vem sendo desestimulado, haja vista as dificuldades em se utilizar outras opções como culturas de rotação e existência de intempéries climáticas em períodos importantes para o desenvolvimento da cultura do milho. A rotação de culturas a partir do milho é uma oportunidade para utilização de oleaginosas no outono/inverno que podem trazer boas relações custo/benefício, além de melhorar o desempenho produtivo das culturas antecessoras (LOURENÇÃO, 2012).

Para assegurar sua sustentabilidade a cultura do milho é fundamental sua associação a um sistema de rotação de culturas diversificado, que produza quantidade

adequada de resíduos culturais na superfície do solo. Entre as vantagens da utilização de sistemas sustentáveis de rotação e de sucessão de culturas, destacam-se a estabilidade de rendimento de grãos, a quebra de ciclo de pragas e moléstias, a diminuição da infestação de plantas daninhas, a alternância na forma de extração de nutrientes com uso de espécies com diferentes sistemas radiculares e a manutenção ou melhoria das condições físicas do solo (REGO, 1994).

O milho, por suas características fisiológicas e pelo manejo que vem sendo adotado em grande parte das propriedades, pode ser muito beneficiado por um sistema adequado de rotação de culturas (SILVA et al., 2007).

Os estudos relativos à rotação de culturas com plantas de cobertura como oleaginosas são escassos no Brasil, sendo restritos exclusivamente entre aveia-preta e ervilhaca comum (BASSO, 1999; HEINRICHS et al., 2001). É necessário, portanto, buscar novas espécies para o cultivo rotacionado com o milho, procurando estabelecer a proporção adequada de cada espécie na rotação, de modo a maximizar a produção de fitomassa e adição de C e nutrientes ao solo (GIACOMINI et al., 2003).

Com isso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da rotação de culturas nos componentes de produção do milho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi iniciada em 2009 na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados – MS (Latitude 22° 13'16''S, Longitude 54°48'2''W e 458 m de altitude).

O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Cfa (Clima Mesotérmico Úmido sem estiagem), em que a temperatura do mês mais quente é superior a 24°C, com temperatura média de 22°C e a precipitação pluviométrica anual da região é de 1200 a 1400 mm e a evapotranspiração real anual é de 1100 à 1200mm. Nas Figuras 1 e 2 estão os dados referentes às precipitações pluviométricas e temperaturas máximas e mínimas por decêndios durante o período da semeadura até a colheita da cultura do milho nas safras de 2010/11 e 2011/12.

O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Distroférrico (LVdf), textura muito argilosa (80% de argila, 14% de silte e 6% de areia) e fertilidade natural variável, profundo, friável e com grande homogeneidade ao longo do perfil. O relevo é normalmente plano e suavemente ondulado. A cobertura vegetal consiste basicamente de pastagens e lavouras formadas em regiões da Floresta Estacional Semidecidual e região da Savana (Cerrado).

A área onde foi demarcado o experimento já havia sendo cultivada anteriormente por vários anos com a cultura da soja no verão e o milho no outono-inverno. A análise do solo revelou a necessidade de correção, as quais foram realizadas no mês de setembro de 2009, com aplicação de quatro toneladas do calcário por hectare em toda área, seguido de uma aração e gradagem grade pesada, a seguir, foi aplicado duas toneladas de gesso e incorporado com grade niveladora.

No Anexo 1 contém os valores da análise química de solo, coletadas no mês de setembro de 2010 em duas profundidades (0-10 cm e 10-20cm), para os tratamentos. Para cada profundidade foram coletadas cinco amostras simples de solo para formar a amostra composta. Os valores representam a média das quatro repetições por tratamento. As amostras após serem peneiradas foram submetidas às determinações dos atributos químicos, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997).

No Anexo 2 encontra-se os valores da análise de matéria orgânica do solo amostradas nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5,0 e 5,0-10 cm, coletadas no mês de setembro de 2012. Da mesma forma que a análise química, foram coletadas cinco

amostras simples para formas a amostra composta. Os valores representam a média de quatro repetições por tratamento.

A determinação dos teores de carbono total foi feita utilizando a metodologia proposta por Yeomans e Bremner (1988), por oxidação via úmida com aquecimento externo.

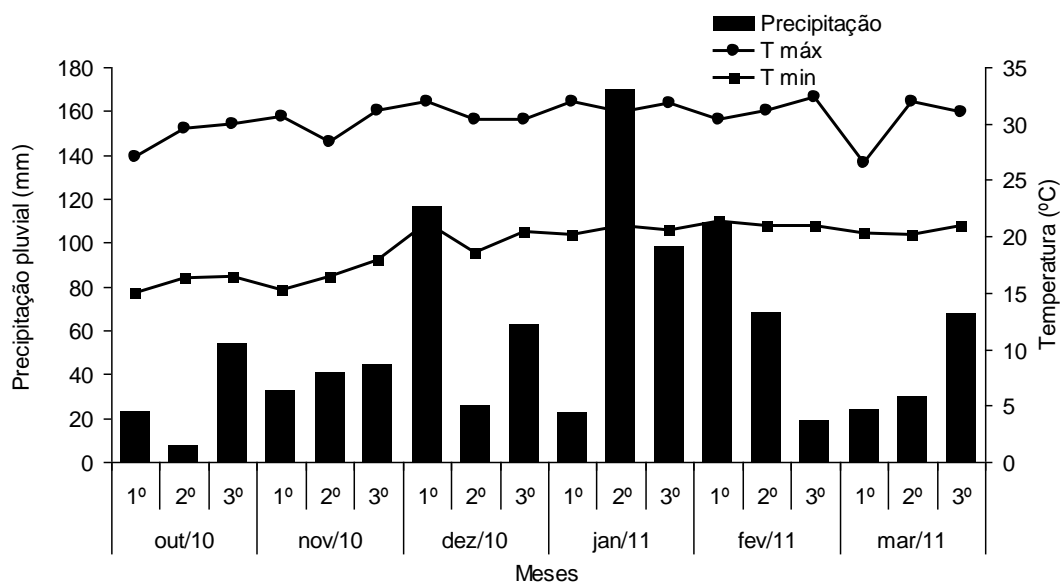


Figura 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas por decêndio no período de outubro de 2010 a março de 2011 (Safrá 2010/2011). Fonte: Estação Meteorologia da UFGD. Dourados – MS, 2010 e 2011.

Na Tabela 1 estão os tratamentos relacionados com sistemas de produção de grãos com as espécies de outono-invernos semeadas como culturas antecessoras ao milho que foi semeado no verão de cada ano agrícola.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições para as safras agrícolas de 2010/2011 e 2011/2012. Cada tratamento foi semeado numa parcela experimental medindo 15m de largura, com 35m de comprimento (525m²).

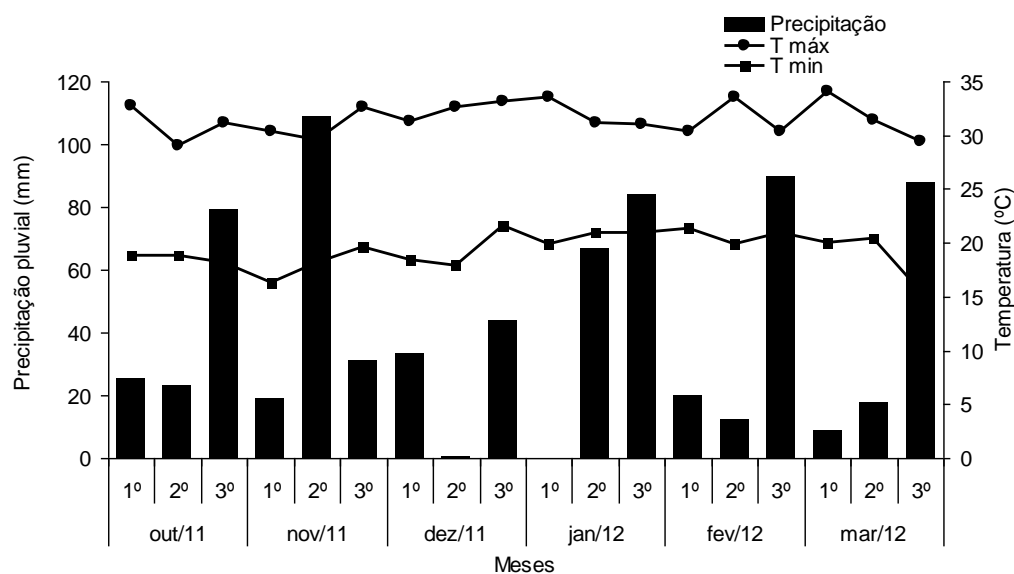


Figura 2. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas por decêndio no período de outubro de 2011 a março de 2012 (Safrá 2011/2012). Fonte: Estação Meteorologia da UFGD, Dourados – MS, 2011 e 2012.

Na Tabela 1 estão descritos a sequência dos tratamentos nas safras agrícolas de 2010/11 e 2011/12.

No planejamento do experimento foi determinado que as rotações de culturas fossem avaliadas ao longo dos anos, considerando que as condições climáticas variam entre os anos. Desta forma, houve a necessidade de ter o dobro de parcelas, considerando que no verão ocorre a rotação de cultura entre a soja e milho e no outono-inverno com as espécies de oleaginosas e de poaceas semeadas em sucessão a soja e milho respectivamente.

Considerando o exposto, na safra agrícola 2010/11 os tratamentos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 correspondem as seguintes rotações: soja/girassol/milho, soja/canola/milho, soja/trigo/milho, soja/nabo/milho, soja/crambe/milho, soja/níger/milho, soja/milho/milho e milho/pousio/milho.

Na safra agrícola 2011/12 os tratamentos 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19 correspondem as rotações de: milho/pousio/milho/pousio/milho, milho/girassol/soja/trigo/milho; milho/canola/soja/girassol/milho; milho/trigo/soja/canola/milho; milho/cártamo/soja/nabo/milho; milho/crambe/soja/milho/milho; milho/níger/soja/crambe/milho; milho/trigo/soja/níger/milho.

TABELA 1. Sequência de rotação e sucessão de cultura envolvendo espécies para produção de grãos e de óleo para biodiesel.

Tratamento	Ano agrícola					
	2009/10	2010	2010/11	2011	2011/2012	2012
	Verão	Outono/inverno	Verão	Outono/inverno	Verão	Outono/inverno
1	Soja	Pousio	Soja	Pousio	Soja	Pousio
2	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho
3	Soja	Milho +braquiaria	Soja	Milho +braquiaria	Soja	Milho +braquiaria
4	pousio	Pousio	Pousio	Pousio	Pousio	Pousio
5	Soja	Girassol	Milho	Trigo	Soja	Canola
6	Soja	Canola	Milho	Girassol	Soja	Milho
7	Soja	Trigo	Milho	Canola	Soja	Girassol
8	Soja	Nabo forrageiro	Milho	Trigo	Soja	Cártamo
9	Soja	Crambe	Milho	Trigo	Soja	Níger
10	Soja	Níger	Milho	Crambe	Soja	Milho
11	Soja	Milho	Milho	Níger	Soja	Crambe
12	Milho	Pousio	Milho	Pousio	Milho	Pousio
13	Milho	Girassol	Soja	Trigo	Milho	Canola
14	Milho	Canola	Soja	Girassol	Milho	Trigo
15	Milho	Trigo	Soja	Canola	Milho	Girassol
16	Milho	Cártamo	Soja	Nabo forrageiro	Milho	Trigo
17	Milho	Crambe	Soja	Milho	Milho	Níger
18	Milho	Níger	Soja	Crambe	Milho	Trigo
19	Milho	Trigo	Soja	Níger	Milho	Crambe

No tratamento 12 o milho é semeado sempre na parcela em pousio, onde não foi semeada nenhuma cultura no outono-inverno, mantendo esta parcela apenas com a resteva do milho colhido na safra anterior, sendo dessecada a sementeira de plantas daninhas emergidas na referida área. Nos tratamentos 11 e 17 o milho foi semeado após milho.

Desta forma é possível avaliar ao longo dos anos o efeito das culturas antecessoras de outono-inverno nos componentes de produção do milho. Para cada ano agrícola é analisado separadamente o efeito das rotações para a cultura do milho, bem como a análise conjunta das duas safras de milho em rotação e sucessão com as gramíneas e oleaginosas.

No dia 20 de outubro de 2010 e 10 de outubro de 2011 foram semeadas sobre a resteva das oleaginosas as culturas do milho, realizada mecanicamente utilizando-se uma semeadora-adubadora, equipada para plantio direto, com quatro linhas, espaçadas

entre si de 0,90 m. O híbrido utilizado foi o DKB 390 YG, com densidade de semeadura de seis sementes por metro linear e a adubação de 300 kg ha⁻¹ da formula 08-20-20 + 0,3% de Zn + 0,3 de B. O Controle das plantas daninhas foi realizado utilizando os herbicidas nicossulfuron 0,7L ha⁻¹ + atrazina 3,0 L ha⁻¹ respectivamente, aplicados no estádio V4 do milho, na fase inicial de desenvolvimento das plantas daninhas. Também foram aplicados 60 kg de nitrogênio por hectare no estádio da planta com cinco folhas, utilizando a ureia, que foi aplicada e incorporada ao solo com equipamento apropriado para esta operação. Nos dias 05 de março de 2011 e 01 de março de 2012 foi realizada a colheita do milho para as safras 2010/2011 e 2011/2012, respectivamente.

Foram realizadas as seguintes determinações para a cultura do milho:

Altura de planta e diâmetro de colmo: A altura da planta de milho foi determinada com régua graduada em centímetros, tomando-se a distância entre o nível do solo e a inserção da folha bandeira. O diâmetro do colmo foi determinado através do uso de paquímetro digital em milímetros, colocando-o no terceiro nó da planta a partir do solo. Ambas as avaliações foram realizadas na fase de grão duro, sendo que os valores correspondem à média de cinco plantas tomadas ao acaso por parcela.

Altura da primeira espiga: A altura da primeira espiga foi determinada com régua graduada em centímetros, tomando-se a distancia entre o nível do solo e a primeira espiga.

Diâmetro e comprimento de espigas: As determinações de diâmetro e comprimento de espigas foram realizadas após a colheita manual das espigas. Para o diâmetro de espiga utilizou-se paquímetro digital em milímetros, tomando-se a medida na parte central da espiga. Para comprimento de espiga utilizou-se régua graduada em milímetros, tomando-se a distância entre a base e a ponta da espiga. Ambas as avaliação foram feitas em cinco espigas sem palha escolhidas ao acaso em cada parcela.

Número de grãos por espiga: Após a colheita realizou-se a contagem do número de fileiras por espiga e o número de grãos nas fileiras. O resultado da multiplicação destes dois valores correspondeu a uma estimativa do número de grãos por espiga. Foram utilizadas cinco espigas por parcela.

Produtividade de grãos: Foi determinado após a debulha das espigas colhidas dentro da área útil, correspondendo às duas linhas centrais com cinco metros de comprimento dentro de cada parcela, pesando-se os grãos em balança de precisão de duas casas decimais, corrigindo-se o grau de umidade para 13%, com os valores expressos em kg ha⁻¹.

Massa de 1000 grãos: Após a medida da produtividade e da massa específica foi efetuada a contagem de oito sub-amostras de 100 grãos por parcela. As amostras foram pesadas em balança de precisão com três casas decimais, corrigindo-se o grau de umidade para 13%. A massa de 1000 grãos foi determinada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

Os dados de todas as características avaliadas foram submetidos à análise de variância, para verificação dos efeitos de rotação de culturas. As comparações das médias foram feitas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o aplicativo computacional Assistat, desenvolvido por Silva e Azevedo (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados de altura de planta, diâmetro do colmo, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga, produtividade e massa de mil grãos na safra agrícola 2010/11 foi significativa para todas as variáveis avaliadas, exceto, para a altura da primeira espiga (Anexo 3). Já na safra de 2011/12 nenhuma das variáveis analisadas foi influenciada pela rotação de culturas (Anexo 4).

Na safra agrícola 2010/11, houve efeito das rotações de culturas no desenvolvimento e nos componentes de produção da planta. O milho semeado após o soja/girassol, soja/canola, soja/crambe e soja/níger apresentou maior altura de planta, diâmetro de colmo e diâmetro de espiga (Tabela 2). Enquanto que na rotação soja/milho/milho foi observado menor comprimento de espiga e número de grãos por espiga diferindo das demais espécies antecessoras ao milho (Tabela 2 e 3).

Na safra 2010/2011 a altura de planta foi maior nas rotações com soja/girassol/milho, soja/canola/milho, soja/crambe/milho e soja/níger/milho com uma média de 2,35 m (Tabela 2). As rotações do soja/nabo forrageiro/milho, soja/trigo/milho, soja/milho safrinha/milho e o milho/pousio/milho obtiveram as menores alturas de planta (2,43 m) (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios das variáveis: altura de planta (m), diâmetro do colmo (mm), altura da primeira espiga (m) e comprimento de espiga (cm) na cultura do milho em função da rotação e sucessão de culturas com gramíneas e oleaginosas nas safras de 2010/11. Dourados – MS, 2011.

Tratamentos	Rotação de culturas	Altura de planta (m)	Diâmetro do colmo (mm)	Altura 1ª espiga (m)	Comprimento de espiga (cm)
12	Milho/Pousio/Milho	2,27 b	14,39 b	1,38 a	14,59 a
11	Soja/Milho/Milho	2,25 b	13,95 b	1,45 a	13,13 b
7	Soja/Trigo/Milho	2,24 b	14,49 b	1,40 a	14,36 a
5	Soja/Girassol/Milho	2,31 a	16,16 a	1,35 a	15,40 a
6	Soja/Canola/Milho	2,33 a	15,93 a	1,43 a	15,75 a
8	Soja/Nabo forrageiro/Milho	2,21 b	15,02 b	1,35 a	14,64 a
9	Soja/Crambe/Milho	2,35 a	16,11 a	1,44 a	16,15 a
10	Soja/Níger/Milho	2,43 a	16,60 a	1,48 a	17,60 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre as rotações não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Essas culturas de cobertura têm característica de ciclagem de nutrientes, o crambe, por exemplo, por sua agressividade do sistema radicular, profundo e pivotante, favorece o aproveitamento e a ciclagem dos nutrientes do solo, aproveitando as adubações residuais das culturas anteriores, desde que o solo esteja adequadamente corrigido, pois não tolera altos índices de alumínio (BROCH e ROSCOE, 2010).

Pedrotti (2011) verificou que a maior altura de plantas foi encontrada quando a canola antecedeu a cultura do milho, com a altura de planta de 2,37 m, dado semelhante da safra de 2010/2011.

Estatura e altura de inserção da espiga, em milho, são caracteres de natureza quantitativa de grande importância, e estão diretamente relacionados com a tolerância ao acamamento. Isso ocorre porque a alta relação inserção/estatura pode diminuir o centro de gravidade da planta, provocando o acamamento (LI et al., 2007). A altura de inserção da primeira espiga do milho não teve diferenças significativas em nenhuma das safras (Tabela 2 e 4).

Tabela 3: Valores médios das variáveis: diâmetro de espiga (mm), número de grãos por espiga, produtividade (kg ha^{-1}) e massa de mil grãos (g) na cultura do milho em função da rotação e sucessão de culturas com gramíneas e oleaginosas nas safras de 2010/11. Dourados – MS, 2011.

Tratamentos	Rotação de culturas	Diâmetro de espiga (mm)	Número de grãos por espiga	Produtividade (kg ha^{-1})	Massa de mil grãos (g)
12	Milho/Pousio/Milho	49,43 b	476 a	6699 c	310,15 b
11	Soja/Milho/Milho	49,09 b	407 b	8663 b	319,27 b
7	Soja/Trigo/Milho	49,90 b	441 a	9145 b	324,95 b
5	Soja/Girassol/Milho	53,17 a	505 a	11330 a	347,94 a
6	Soja/Canola/Milho	53,19 a	462 a	9169 b	332,16 b
8	Soja/Nabo forrageiro/Milho	50,70 b	450 a	7633 b	326,60 b
9	Soja/Crambe/Milho	53,30 a	492 a	11322 a	345,49 a
10	Soja/Níger/Milho	53,20 a	536 a	11923 a	369,47 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre as rotações não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No diâmetro do colmo do milho na safra 2010/2011 os tratamentos das rotações de soja/girassol/milho, soja/canola/milho, soja/crambe/milho e soja/níger/milho apresentaram os maiores valores de uma média de 16,20 mm (Tabela 2). Já o milho/pousio/milho, soja/nabo forrageiro/milho, soja/milho safrinha/milho e soja/trigo/milho apresentaram valores significativamente menores (14,46 mm). Porém na safra 2011/2012 o diâmetro do colmo foi igual para todos os tratamentos (Tabela 4).

Pedrotti (2011) também não encontrou diferenças significativas para esta variável. O colmo, além de suportar folhas e partes florais, serve também como órgão de reserva, acumulando sacarose, que, por ocasião do enchimento de grãos, ocorre translocação de fotoassimilados do colmo para a formação dos grãos (MAGALHÃES et al., 1995; FANCELLI e NETO, 2004).

Segundo Pereira et al. (2009) o comprimento da espiga também é um dos principais componentes de produção na definição da produtividade da cultura do milho. Ohland (2005) afirma que o comprimento, o diâmetro de espiga, o número de espigas por área e a densidade dos grãos são características que aliados ao genótipo determinam o potencial de produtividade. Em relação ao comprimento de espiga do milho, na safra 2010/2011 observou-se efeito significativo nas rotações soja/trigo/milho, soja/girassol/milho, soja/canola/milho, soja/nabo forrageiro/milho, soja/crambe/milho e soja/níger/milho e milho/pousio/milho se diferenciou da rotação soja/milho safrinha/milho (Tabela 2). Em 2011/2012 não teve diferença significativa para esta variável em função das rotações de culturas (Tabela 3).

O diâmetro de espiga mostrou diferença significativa na safra de 2010/2011, sendo que as rotações de soja/girassol/milho, soja/canola/milho, soja/crambe/milho e soja/níger/milho tiveram maiores valores do que as rotações soja/nabo forrageiro/milho, soja/milho safrinha/milho, soja/trigo/milho e milho/pousio/milho (Tabela 2). Na safra de 2011/2012 não foi possível observar diferença significativa para o diâmetro de espiga (Tabela 3).

O número de grãos por espiga na safra de 2010/2011 mostrou diferenças significativas maiores para as rotações de soja/girassol/milho, soja/canola/milho, soja/nabo forrageiro/milho, soja/crambe/milho, soja/níger/milho e milho/pousio/milho, se diferenciando da rotação soja/milho safrinha/milho (Tabela 2). Em 2011/2012 o número de grãos por espiga foram iguais para todos os tratamentos (Tabela 3).

Schussler e Westgate (1991), citado por Bergamaschi et al. (2004) sugerem que a redução do número de grãos por espiga, em plantas submetidas a déficit hídrico, se deve à baixa taxa de suprimento de assimilados aos ovários, provocando abortamento. E por isso houve numericamente o menor número de grãos no ano que se teve o déficit hídrico nos períodos críticos da cultura do milho.

Foram verificadas maiores produtividades e maior massa de mil de grãos quando o milho foi semeado nas sucessões soja/girassol/milho, soja/crambe/milho e

soja/níger/milho. A menor produtividade foi obtida na sucessão milho/pousio/milho (Safrá 2010/2011) (Tabela 3).

Por outro lado, na safra agrícola 2011/12, em função das condições climáticas adversas, principalmente, na fase de enchimento de grãos, ocorreram vários veranicos, que associado com altas temperaturas, o que afetou diretamente a taxa fotossintética e conseqüentemente, o acúmulo de carboidratos nos grãos e demais componentes de produção da planta (Figura 2). Nestas condições, o potencial produtivo da planta foi afetado, e como conseqüência, não foi possível expressar o efeito da rotação de cultura, principalmente, o aporte de nitrogênio que varia em função da relação C/N bem como dos demais nutrientes que a plantas liberam durante a decomposição da massa seca das espécies utilizadas.

De acordo com Conab (2011), a produtividade do estado de Mato Grosso do Sul na safra de 2010/2011 foi de 6700 kg ha⁻¹, sendo bem inferior às produtividades obtidas neste trabalho em todos os tratamentos, exceto quando o milho foi semeado após milho. Porém, na safra 2011/12 a produtividade média de milho no Estado do MS foi de 6850 kg ha⁻¹, bem acima da obtida no experimento. No Mato Grosso do Sul o milho de verão é semeado principalmente no município do Chapadão do Sul e normalmente, ocorre boa distribuição de chuva na região.

O milho é uma planta de clima tropical que exige calor e umidade para expressar altas produtividades. As temperaturas do solo inferiores a 10 °C e superiores a 42 °C prejudicam sensivelmente a germinação, considerando que aquelas situadas entre 25 e 30 °C propiciam as melhores condições para os processos germinativos e de emergência das plântulas (STRECK et al., 2009).

No florescimento e maturação, temperatura média diárias superiores a 26°C podem promover acentuada redução do ciclo da cultura (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004) da mesma forma, temperaturas inferiores a 15,5°C podem retardá-las. Também, temperaturas muito elevadas provocam redução na taxa fotossintética líquida, em função do aumento da respiração que afeta diretamente a produção. Por essa razão, temperaturas elevadas prevalentes no período noturno (>24°C) promovem um consumo energético demasiado (FLOSS, 2008). Em temperaturas elevadas há significativa redução do número de óvulos contidos na espiga (BERTRAND, 1991).

Tabela 4: Valores médios das variáveis: altura de planta (m), altura da primeira espiga (m), diâmetro do colmo (mm) e comprimento de espiga (cm) da cultura do milho em função da rotação e sucessão de culturas com gramíneas e oleaginosas nas safras de 2011/12. Dourados – MS, 2012.

Tratamentos	Rotação de culturas	Altura de planta (m)	Altura de primeira espiga (m)	Diâmetro do colmo (mm)	Comprimento de espiga (cm)
12	Milho/Pousio/Milho/Pousio/Milho	1,54 a	0,91 a	16,10 a	13,16 a
17	Milho/Crambe/Soja/Milho/Milho	1,60 a	0,95 a	16,10 a	13,53 a
13	Milho/Girassol/Soja/Trigo/Milho	1,58 a	0,95 a	15,78 a	13,22 a
14	Milho/Canola/Soja/Girassol/Milho	1,61 a	0,99 a	15,27 a	13,91 a
15	Milho/Trigo/Soja/Canola/Milho	1,55 a	0,92 a	16,42 a	13,64 a
16	Milho/Cártamo/ Soja/Nabo /Milho	1,52 a	0,87 a	14,91 a	13,55 a
18	Milho/Níger/Soja/Crambe/Milho	1,65 a	0,98 a	14,74 a	12,52 a
19	Milho/Trigo/Soja/Níger/Milho	1,65 a	1,0 a	16,90 a	13,33 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre as rotações não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As oscilações de produtividade nas safras de milho nas principais regiões produtoras do Brasil estão associadas principalmente à disponibilidade de água, sobretudo no período crítico da cultura, que vai do pendoamento ao início do enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al., 2004). Limitações na produtividade de grãos de milho são freqüentes e intensas, principalmente nas propriedades que não dispõem de irrigação. Mesmo em lavouras tecnificadas, com uso de insumos, sementes com alto potencial produtivo e manejo correto do solo não assegura boas produtividades.

O milho tende a expressar sua elevada produtividade quando a máxima área foliar coincidir com a maior disponibilidade de radiação solar, desde que não haja déficit hídrico. Essa condição permite a máxima fotossíntese possível, porem aumenta a necessidade hídrica da cultura, já que o elevado fluxo energético incidente também eleva a evapotranspiração. No Estado do Rio Grande do Sul, Bergamaschi et al. (2001) observaram que a cultura do milho necessita em torno de 7 mm dia⁻¹ de água na fase de florescimento, quando este ocorre próximo ao solstício de verão, que é o período de máxima radiação solar.

As principais funções da água são manter o turgor e refrigeração dos tecidos (FLOSS, 2008). A importância da manutenção do turgor das células é permitir a continuidade dos processos de crescimento vegetal, expansão, divisão celular e fotossíntese, bem como todos os outros processos bioquímicos que são dependentes de água como soluto. Paez et al. (1995) demonstraram que a expansão da célula foi o

processo mais sensível ao déficit hídrico, seguido de menor expansão foliar, transpiração e translocação de assimilados

A magnitude dos efeitos do déficit hídrico sobre a produtividade de grãos de milho esta relacionada ao período, duração, intensidade de ocorrência deste fator e da capacidade genética da planta em responder as mudanças do meio (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000, citado por GALON et al., 2010). O período de florescimento é considerado como o estágio mais sensível e determinante do potencial produtivo, podendo ocorrer limitações superiores a 50% quando o déficit hídrico ocorrer nessa fase (DURAES et al., 2002 e DURAES et al 2004). Também foi constatado pelos autores haver forte correlação entre precipitação ocorrida no ciclo reprodutivo e produtividade de grãos. Entretanto, houve correlação superior quando as precipitações ocorreram durante todo o ciclo da cultura.

Desta forma podemos inferir que a planta de milho responde positivamente ao manejo empregado quando as condições edafoclimáticas são favoráveis durante os estádios vegetativos e reprodutivos, conforme verificado neste experimento, onde as condições climáticas e de solo favoreceu a cultura na safra agrícola 2010/11 (Figura 1 e Anexos 1 e 2).

As altas produtividades obtidas neste experimento na safra 2010/11 são atribuídas às correções químicas e físicas do solo realizadas no início da implantação do experimento em 2009, aliado a boa distribuição de chuva que ocorreu durante o desenvolvimento das plantas. Porém, o efeito da rotação de culturas foi expressivo, e pode ser atribuída a contribuição no aporte de nitrogênio, bem como na melhoria da estrutura do solo. A ação das plantas na formação e estabilidade dos agregados é ressaltada por vários pesquisadores. Entre as plantas, as gramíneas vêm apresentando efeito positivo na agregação. Também, é sabido que os diferentes sistemas de manejo exercem seus efeitos na formação dos agregados de forma diferenciada e que, dependendo da cultura e do preparo de solo, esses efeitos serão maiores ou menores em termos de estruturação ou degradação (GUTH, 2010).

Pesquisa desenvolvida por Stone e Silveira (2001) concluiu que o cultivo do girassol melhorou a agregação do solo, independentemente do sistema de preparo utilizado. De acordo com Lima et al. (2012) o desenvolvimento do sistema radicular proporciona o rompimento de camadas compactadas com conseqüente maior volume explorado de solo e melhor aproveitamento da água e dos nutrientes.

Tabela 5: Valores médios das variáveis: diâmetro de espiga (mm), número de grãos por espiga, produtividade (kg ha⁻¹) e massa de mil grãos (g) da cultura do milho em função da rotação e sucessão de culturas com gramíneas e oleaginosas nas safras de 2011/12. Dourados – MS, 2012.

Tratamentos	Rotação de culturas	Diâmetro de espiga (mm)	Nºgrãos de espiga	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Massa de mil grãos (g)
12	Milho/Pousio/Milho/Pousio/Milho	43,58 a	415 a	3647 a	275,83 a
17	Milho/Crambe/Soja/Milho/Milho	44,73 a	416 a	4375 a	259,48 a
13	Milho/Girassol/Soja/Trigo/Milho	45,94 a	475 a	4031 a	276,19 a
14	Milho/Canola/Soja/Girassol/Milho	44,04 a	411 a	2715 a	260,52 a
15	Milho/Trigo/Soja/Canola/Milho	44,86 a	425 a	4025 a	269,82 a
16	Milho/Cártamo/ Soja/Nabo /Milho	44,83 a	420 a	3861 a	260,67 a
18	Milho/Níger/Soja/Crambe/Milho	44,47 a	454 a	3676 a	272,36 a
19	Milho/Trigo/Soja/Níger/Milho	44,33 a	457 a	4053 a	265,92 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre as rotações não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com a decomposição das raízes aumenta o aporte de carbono no solo, estimulando a atividade de microorganismos, proporcionando também a formação de bioporos e a melhoria estrutural do solo, contribuindo para o restabelecimento do potencial produtivo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011). Pesquisa desenvolvida por Bergamin (2012) na mesma área experimental desta pesquisa, verificou nas parcelas que estavam semeadas com níger em sucessão à soja ou milho aumentou da microporosidade e menor densidade do solo na camada de 0-10 cm.

O carbono é um elemento essencial para o crescimento das plantas, e não é encontrado no material de origem do solo, logo, sua adição ao solo é devido à presença de matéria orgânica, produzida a partir dos resíduos deixados pelas culturas exploradas (MANCIN, 2010). Como o C é o elemento predominante na composição da matéria orgânica, este elemento é considerado indicador de qualidade do solo, portanto, é imprescindível sua avaliação no solo.

De acordo com Sousa e Lobato (2002), na camada de 0-20 cm de solos cultivados com culturas anuais e com textura muito argilosa, valores menores que 16 g kg⁻¹ de carbono consideram baixos, entre 16 e 20 g kg⁻¹ valores médios, e entre 21 e 30 g kg⁻¹ os adequados. Os teores de matéria orgânica determinado em 2012 no solo deste experimento, nas profundidades de 0 - 2,5; 2,5 - 5,0 e de 5,0 a 10 cm são considerados de médio a alto, com algumas variações em função da espécie (Anexo 2), resultado do aporte anual de palha no sistema.

Sá (1993) relata que a mineralização dos resíduos orgânicos depende da relação C/N das espécies utilizadas na rotação, influenciando, assim, na liberação de nitrogênio para o solo. Segundo o autor, a decomposição é inversamente proporcional à relação C/N,

sendo que valores abaixo de 23 favorecem a mineralização e valores acima de 24 favorecem a imobilização do nitrogênio pelos microorganismos do solo. Resíduos vegetais com relação C/N abaixo de 23 favorecem a liberação de N, apresentando reflexos positivos sobre o suprimento deste elemento as culturas anuais (ROSSATO, 2004).

Materiais com relação C/N igual a 25 causam equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização, enquanto valores superiores causem imobilização líquida e os abaixo de 25 promovem mineralização líquida (AITA, 1997).

Assim sendo, pode-se afirmar que a utilização de rotação de cultura proporciona melhoria da capacidade produtiva do solo, favorece sua estruturação e fornece nutrientes á sua sucessão (WILDNER e DADALTO, 1992), além de contribuir para a manutenção ou até mesmo o aumento nos teores de matéria orgânica no solo (CALEGARI et al., 1993).

Broch e Ranno (2012) estudando a produtividade do milho na safra 2008/2009, em função de diferentes culturas antecessoras, cultivadas no período de outono/inverno e pousio em São Gabriel do Oeste/MS, observou que não houve diferença significativa da cultura antecessora nos componentes de produção do milho. Contudo, observou-se uma tendência de desempenho superior na sucessão crambe/milho.

Ao analisar a massa de mil grãos no milho houve diferença estatística apenas para a safra de 2010/2011 isoladamente (Tabela 2). Os tratamentos que obtiveram maiores valores da massa de mil grãos foram as rotações soja/girassol/milho, soja/canola/milho, soja/crambe/milho e soja/níger/milho, que se diferenciaram das rotações sojan/nabo forrageiro/milho e soja/milho safrinha/milho, com valores inferiores (Tabela 2).

Ao avaliar os anos isoladamente, houve diferença entre os anos estudados na massa de mil grãos, onde na safra de 2010/2011 apresentou média maior em relação à 2011/2012 (341, 82 e 264,79 g, respectivamente) (Tabela 5).

Essa diferença estatística entre os anos se deve a deficiência hídrica durante o período de enchimento dos grãos. Segundo Marcos Filho (2005) a máxima massa de matéria seca é alcançada enquanto as sementes apresentam graus de umidade relativamente elevados (fase de grão leitoso), o período de manutenção desses níveis elevados de matéria seca depende diretamente da influência do ambiente, pois condições menos favoráveis de umidade relativa, temperatura e a ação de insetos e

microorganismos geralmente contribuem para a aceleração do processo respiratório e a consequente oxidação de substâncias de reserva, com redução do peso das sementes.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, pode-se concluir que:

A resposta da planta de milho em relação a rotação de cultura depende das condições climáticas;

O milho semeado após o níger, crambe, canola e girassol apresenta maior produtividade de grãos quando as condições climáticas permitir à planta expressar sua capacidade produtiva;

Em condições climáticas adversas a rotação de cultura não interfere na produtividade de grãos de milho

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. **Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão.** In: FRIES, M.R. & DALMOLIN, R.S.D. Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em Plantio Direto. Santa Maria, UFSM/Departamento de Solos, 1997. p. 76-111.

BASSO, C.J. **Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto.** 1999. 91 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

BERGAMASCHI, H.; RADIN, B.; ROSA, L.M.G.; BERGONCI, J.I.; ARAGONÉS, R.S.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; LANGENSIEPEN, M. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v.1, p.23-27, 2001.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.

BERGAMIN, A.C. **Indicadores da qualidade estrutural de um latossolo cultivado com oleaginosas em sistemas de sucessão com milho e soja.** 2012, 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da grande Dourados, dourados-MS

BERTRAND, M. **Mécanismes de l'élaboration du nombre de graines du mais. Valeur prédictive d'indicateurs écophysiológicos.** These Dr. Institut National Agronomique, Paris-Grignon, 1991, 185p.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 2009. 395p.

BROCH, D.K.; RANNO, S.K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho. In: FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e Produção de Soja e Milho 2012/2013.** Fundação MS: Maracajú, 2012, 228 p.

BROCH, D. L.; ROSCOE, R. Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe. In: FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e produção: crambe 2010.** Maracajú: FUNDAÇÃO MS, v. 1, p. 22-36, 2010.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; COSTA, M.B.B.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Adubação verde no sul do Brasil. 2.ed. Rio de Janeiro, Assessoria e Serviços e Projetos em Agricultura Alternativa AS-PTA, 1993. 346p.

CARVALHO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; ATHAYDE, M.L.F.; ARF, O.; SÁ, M.E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.47-53, 2004.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos Safra 2012/2013** – 12º Levantamento, Set./2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_10_08_49_52_boletim_m aio_2012.pdf>> Acesso em: 16 de novembro de 2013.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos Safra 2011/2012** – 8º Levantamento, Maio/2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_09_14_34_18_ boletim_portugues_setembro_2013.pdf>> Acesso em: 13 de outubro de 2013.

DURAES, F.O.M.; MAGALHAES, P.C.; OLIVEIRA, A.C. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p.33-40, 2002.

DURAES, F.O.M.; SANTOS, M.X.; GAMA, E.G.; MAGALHÃES, P.C.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; GUIMARÃES, C.T. **Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores**. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 35). 20 p, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO. **Produção de milho**. 2 ed. Guaíba: Editora Livrocere, 2004, 360 p.

FIALHO, J. F.; BORGES, A. C.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e a atividade da microbiota de um latossolo vermelho-amarelo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n. 1, p.21-28, 1991.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: UPF, ed. 4, 2008. 749p.

GALON, L.; TIRONI, S.P.; ROCHA, A.A.; SOARES, E.R.; CONCENÇO.; ALBERTO, C.M. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica**, Boa Vista/MA, v.4, n.3, p.18-38, 2010.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.325-334, 2003.

GUTH, P.L. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas de culturas oleaginosas. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS,

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C.; FANCELLI, A.L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: Relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.331-340, 2001.

LI, Y.; DONG, Y.; NIU, S.; CUI, D. The genetic relationship plant-height traits found using multiple-trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. **Genome**, Toronto, v.50, n.4, p.357-364, 2007.

LIMA, V.M.P.; OLIVEIRA, G.C.; SERAFIM, M.E.; CURI, N.; EVANGELISTA, A.R. Intervalo hídrico ótimo como indicador de melhoria da qualidade estrutural de Latossolo degradado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.36, p.71-78, 2012.

LOURENÇÃO, A.L.F. **Resultados de Experimentação e Campos Demonstrativos de Milho Safra 2011/2012**. In: FUNDAÇÃO MS. Tecnologia e Produção de Soja e Milho 2012/2013. Fundação MS: Maracajú, 2012, 228 p.

MANCIN, C.R. **Matéria orgânica e formas de alumínio em um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto consolidado**. 2010. 80 p. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete lagoas: Embrapa – CNPMS, 1995. 27 p. (Circular Técnica n.20).

OHLAND, R.A.A.; SOUZA, L.C.F.; HERNANI, L.C.; MARCHETTI, M.E.; GONÇALVES, M.C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.538-544, 2005.

PAEZ, A.; GONZALES, M.E.; YRAUSQUIN, O.X. Water stress and clipping management effects on guineagrass. I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, v.87, p. 698-706, 1995.

PEDROTTI, M.C. **Desempenho agrônômico do milho cultivado sobre resíduos de oleaginosas e adubação nitrogenada em cobertura**. 2011. 34 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

PEREIRA, R.G.; ALBUQUERQUE, A.W.; CAVALCANTE, M.; PAIXÃO, S.T.; MARACAJÁ, P.B. Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.64-71, 2009.

REGO, P.G. Economia das rotações de culturas em plantio direto. **Revista Mensal Batavo**, Fundação ABC, ed.31, p.20-28, 1994.

ROSSATO, R.R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo sob plantio direto**. 2004. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo. In: **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p 37-60.

SANTOS, P.A.; SILVA, A.F.; CARVALHO, M.A.C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.9, n.2, p. 123-134, 2010.

SCHUSSLER, R.J.; WESTGATE, M.E. Maize kernel set at low potential. I. Sensivity to reduced assimilates during early kernel growth. **Crop Science**, v.31, p.1189-1195, 1991.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed). Anexos. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002, p.381-416.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de prepare e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.44, p.395-401, 2001.

STRECK, N. A. et al. Temperatura base para aparecimento de folhas e filocrono da variedade de milho BRS Missões. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.224-227, 2009.

SILVA, A.A.; SILVA, P.R.F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.928-935, 2007.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.35, p.213-223, 2011

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Science And Plant Analysis*, London, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

WILDNER, L.P.; DADALTO, G.G. Adubos verdes de inverno para o oeste catarinense. *R. Agropec. Catarinense*, 5:3-6, 1992

ANEXOS

Anexo 1. Valores médios da análise de solo amostradas nas profundidades de 0-10cm e 10-20cm, coletado no mês de setembro 2012. Dourados-MS, 2011

Tratamento	Profundidade	pH água	pH Ca Cl ₂	P (mg/dm ³)mmol _c dm ⁻³							V%
					K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	
12	0-20	5,78	5,22	10,56	2,65	2,66	4,89	1,54	1,87	66,87	85,36	75,36
12	20-40	5,30	4,85	1,45	0,78	6,22	2,36	0,89	2,45	32,65	52,36	55,36
17	0,2	5,65	5,24	12,69	1,89	1,44	5,45	1,32	1,89	68,54	84,66	77,65
17	20-40	5,30	4,71	2,25	1,47	6,63	2,22	0,69	1,77	30,32	50,33	63,36
13	0,2	5,85	5,22	12,45	2,32	1,41	5,87	1,55	1,44	79,45	99,36	82,33
13	20-40	5,45	4,81	1,56	0,84	5,32	2,36	0,58	2,31	33,45	54,36	60,32
14	0-20	5,78	5,33	11,45	2,45	0,41	4,87	1,47	1,45	68,45	85,23	81,31
14	20-40	5,54	4,95	1,26	0,26	3,32	2,12	0,69	1,23	29,56	45,21	62,17
15	0,2	5,83	5,13	12,89	3,66	0,96	4,44	1,57	1,66	64,36	84,36	81,25
15	20-40	5,32	4,56	2,98	0,88	4,47	2,57	1,11	1,45	37,56	53,32	65,36
16	0-20	5,79	5,25	9,54	2,99	1,45	4,69	1,51	2,18	66,65	82,30	74,21
16	20-40	5,45	4,45	8,99	1,55	2,69	3,21	1,12	2,02	44,45	65,22	65,32
18	0-20	5,78	4,78	10,47	2,55	3,22	4,31	1,36	1,98	54,45	78,56	73,36
18	20-40	5,50	4,56	2,69	0,32	5,69	2,56	0,88	1,87	37,36	54,66	61,25
19	0-20	6,20	5,45	14,55	2,25	0,47	5,23	1,78	1,60	76,65	86,32	84,56
19	20-40	5,50	4,36	1,44	0,47	4,69	2,25	0,97	2,74	30,36	55,36	54,56

Rotação de culturas 2011/12*

12= Milho/Pousio/Milho/Pousio/Milho

13= Milho/Girassol/Soja/Trigo/Milho

14= Milho/Canola/Soja/Girassol/Milho

15= Milho/Trigo/Soja/Canola/Milho

16= Milho/Cártamo/ Soja/Nabo forrageiro/Milho

17= Milho/Crambe/Soja/Milho/Milho

18= Milho/Níger/Soja/Crambe/Milho

19= Milho/Trigo/Soja/Níger/Milho

Anexo 2. Valores médios da análise de matéria orgânica do solo (Carbono total) amostradas nas profundidades de 0-2,5 cm; 2,5-5,0 cm e 5,0-10 cm, coletado no mês de setembro de 2012. Dourados-MS, 2012.

Cultura antecessora	Profundidade	g/kg matéria orgânica	Cultura antecessora	Profundidade	g/kg matéria orgânica
12	0-2,5	34,863	15	0-2,5	38,365
12	2,5-5,0	32,856	15	2,5-5,0	32,236
12	5,0-10	30,632	15	5,0-10	31,566
17	0-2,5	57,988	16	0-2,5	54,989
17	2,5-5,0	49,563	16	2,5-5,0	53,699
17	5,0-10	42,214	16	5,0-10	52,550
13	0-2,5	56,698	18	0-2,5	48,898
13	2,5-5,0	51,458	18	2,5-5,0	45,621
13	5,0-10	47,589	18	5,0-10	43,560
14	0-2,5	51,297	19	0-2,5	47,954
14	2,5-5,0	45,244	19	2,5-5,0	45,365
14	5,0-10	43,255	19	5,0-10	42,988

Rotação de culturas 2011/12*

12= Milho/Pousio/Milho/Pousio/Milho

13= Milho/Girassol/Soja/Trigo/Milho

14= Milho/Canola/Soja/Girassol/Milho

15= Milho/Trigo/Soja/Canola/Milho

16= Milho/Cártamo/ Soja/Nabo forrageiro/Milho

17= Milho/Crambe/Soja/Milho/Milho

18= Milho/Níger/Soja/Crambe/Milho

19= Milho/Trigo/Soja/Níger/Milho

Anexo 3. Análises de variância de produtividade, altura de planta, diâmetro do colmo, altura da primeira espiga, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga e massa de mil grãos na cultura do milho em função das culturas antecessoras. Dourados – MS, 2011.

Fator de variação	Quadrados médios					
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	DMS
	1094055,53	10416758,6	1253160,43	10,4		2817,8
Produtividade	4	1	8	1	9,79*	8
Altura de planta	0,03242	0,01425	0,00797	3,85	1,65 ^{ns}	0,22
Diâmetro do colmo	0,31059	3,88696	1,49141	7,9	2,42*	1,83
Altura 1ª espiga	0,00495	0,0084	0,00146	2,69	0,98*	0,17
Comprimento de espiga	95,12261	712,13179	245,98606	10,2	2,6*	38,52
Diâmetro de espiga	2,732	11,43839	6,40345	4,87	1,86 ^{ns}	6,31
Número de grãos por espiga	3921,59259	9980,52778	3988,00926	13,1	7	2,23*
Massa de mil grãos	592,22038	1364,0279	421,91119	6,05	3,65*	50,19

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Anexo 4. Análises de variância de produtividade, altura de planta, diâmetro do colmo, altura da primeira espiga, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga e massa de mil grãos na cultura do milho em função das culturas antecessoras. Dourados – MS, 2012.

Fator de variação	Quadrados médios					
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	DMS
Altura de planta	0,04111	0,00757	0,01859	8,51	0,40	0,20
Altura da 1ª espiga	0,00934	0,00459	1,252	9,29	0,57	0,20
Diâmetro do colmo	4,5185	2,0708	3,168	11,19	0,65	2,69
Comprimento de espiga	0,21948	0,5769	0,819	6,86	0,70	2,11
Diâmetro de espiga	2,428	2,202	3,44	4,16	0,63	4,33
Número de grãos por espiga	2238,76	3491,45	4766,37	16,41	0,73	161,2
	131658,75					
Produtividade	3	1141983,13	208548,6	11,05	5,47	1066,32
Massa de mil grãos	226,70	187,52	131,40	4,27	1,42	26,76

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

CAPITULO III – ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DAS OLEAGINOSAS

RESUMO. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da rotação de culturas nos componentes de produção das oleaginosas. Esta pesquisa foi iniciada em 2009 na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados – MS, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2 (cinco espécies de oleaginosas e duas culturas antecessoras) com quatro repetições para as safras agrícolas de 2011 e 2012. Cada tratamento é composto das oleaginosas: nabo forrageiro (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferus* Metzg.), crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst), canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) e níger (*Guizotia abyssinica*). As culturas oleaginosas foram semeadas logo após a colheita da soja e milho no verão. Foram avaliadas a massa de plantas, altura de planta, número de ramificações por planta, produtividade, massa de mil grãos, teor de proteína nos grãos e teor de óleo. Concluiu-se que todas as oleaginosas avaliadas em função dos teores de óleo possuem potencial para produção de grãos para indústria de biodiesel. Os altos teores de proteína, superior ao da soja viabiliza a utilização da torta para utilização na composição de rações para alimentação animal. As baixas produtividades de grãos das oleaginosas obtidas nesta pesquisa inviabilizam a recomendação das mesmas para produção de biodiesel.

Palavras-chave: Biodiesel, oleaginosas, produção de grãos.

CHAPTER III - SPEED AND SUCCESSION OF CULTURES IN THE PRODUCTION OF OIL COMPONENTS

ABSTRACT. The objective of this study was to evaluate the effect of crop rotation on yield components of oil. This research was initiated in 2009 at the Experimental Farm of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados, located in the municipality of Gold - MS , Brazil . The experimental design was a randomized block in factorial 5 x 2 (five species of oil and two preceding crops) with four replications for the growing seasons 2011 and 2012 Each treatment consists of oil : . Oilseed radish (*Raphanus L. var stivu . oleiferus Metzg*) , crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) , canola (*Brassica napus L. var . oleifera*) , safflower (*Carthamus tinctorius L.*) and niger (*Guizotia abyssinica*) . Oilseed crops were sown after the harvest of soybean and corn in the summer. The mass of plants, plant height, number of branches per plant, yield, thousand grain weight, protein content in grain and oil content were evaluated . It was concluded that all oil assessed against the oil content have potential for grain production for the biodiesel industry. The high-protein, higher than soybean enables the use of pie for use in feed composition feed. The low grain yields of oil obtained in this study make it impossible to recommendation thereof for production of biodiesel.

Keywords: Biodiesel , oilseeds , grain production .

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento do consumo dos derivados de petróleo, a provável redução das suas reservas e a fragilidade nas relações internacionais envolvendo os principais países produtores, existe uma preocupação crescente tanto com o aumento e a volatilidade dos preços, como quanto às consequências do seu uso sobre as mudanças climáticas do planeta provocadas pelo efeito estufa (SALLET e ALVIM, 2011).

Por outro lado, a disponibilidade das fontes agrícolas para produção de biodiesel varia de acordo com o clima e as condições da região de produção. A produção de óleo vegetal por hectare plantado é função da produtividade e do conteúdo de óleo de cada espécie. O Brasil apresenta reais condições para se tornar um dos maiores produtores de biodiesel do mundo, por dispor de solo e clima adequados ao cultivo de oleaginosas (MIRAGAYA, 2005).

No momento atual, mais de 25 países têm produzido biodiesel a partir de sementes de plantas oleaginosas. Existem mais de 300 espécies vegetais de oleaginosas, porém, apenas 40 espécies têm potencial para produção de biodiesel, sendo as mais utilizadas a soja, a colza, a palma e o girassol. A principal dificuldade em aumentar o número de espécies para produção de biodiesel deve-se ao pouco conhecimento de cultivo, que está associado diretamente com as adaptações das espécies às condições edafoclimáticas, produtividade (kg ha^{-1}); rendimento de óleo (L ha^{-1}), comercialização, preço da matéria prima e o preço do biodiesel na indústria (DE LA FUENTE et al., 2006, citado por PENELA, 2007).

A cultura de canola (*Brassica napus* L.) constitui lucrativa e vantajosa alternativa de cultivo de inverno no norte do Rio Grande do Sul (TOMM, 2004). Os grãos de canola produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27% de proteína e 34 a 40% de óleo.

O nabo forrageiro (*Raphanus Sativus*) possui um crescimento inicial rápido e elevada capacidade de reciclar nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, desenvolvendo-se razoavelmente em solos fracos com problemas de acidez, sendo importante para a rotação de culturas e por produzir ótima quantidade de massa seca é excelente para a prática do plantio direto. O óleo ainda pouco explorado no Brasil constitui um potencial biocombustível e, pela facilidade de produção, o nabo forrageiro é de grande interesse para a agricultura familiar, principalmente pelas condições de

ciclagem de nutrientes no solo, reduzindo assim custos com adubação (SLUSZZ e MACHADO, 2006).

O níger (*Guizotia abyssinica*) é uma planta nativa da África, das regiões entre a Etiópia e Malawi. Sua semente é importante para a produção de óleo na Etiópia e em certas partes da Índia, sendo cultivado em sistemas de agricultura convencional. Na Etiópia, essa espécie é responsável por 50 a 60% do óleo produzido no país, enquanto que na Índia é responsável por 2%. A produção dos dois países está estimada em 318 e 314 mil toneladas (WEISS, 2000).

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), é uma espécie cultivada há mais de 2000 anos em diversos países, por sua adaptabilidade em diferentes condições ambientais e, principalmente, pela qualidade do óleo. É uma planta oleaginosa, anual, altamente adaptada às condições de semi-aridez, que já era cultivado na Ásia antes da Era Cristã. Adapta bem em terrenos profundos, pouco compactos, com boa aeração, com pH próximo da neutralidade, em zonas com um mínimo de 350-400 mm de precipitação anual. É bastante resistente ao frio, suportando temperaturas negativas nas primeiras fases do ciclo vegetativo (SAMPAIO e COSTA, 1968; OELKE et al., 2011), com um teor de óleo entre 30 e 45%. (WACHSMANN et al., 2010). A torta das sementes, que é um subproduto da indústria de óleo, possui cerca de 40% de proteína e é muito usada na alimentação de ruminantes. A produção média de sementes por hectare situa-se em torno de uma a três toneladas de acordo com a tecnologia empregada (BRADLEY et al., 1999)

O crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) apresenta grande potencial para ser cultivada com a finalidade de produção de biodiesel, devido o óleo não ser recomendado para o consumo humano. Tem despertado interesse dos produtores de soja, porque todo seu cultivo é mecanizado e principalmente, por ser uma cultura de inverno (mais uma alternativa para a safrinha), semeada após a colheita da soja em março/abril. Apresenta baixo custo de produção, com percentual de óleo total entre 26% e 38%. Pesquisas realizadas apontaram para uma produção entre 1.000 e 1.500 quilos por hectare. A tolerância à seca, à geadas e a sua precocidade são as grandes vantagens da planta, que floresce aos 35 dias e pode ser colhida aos 85 a 90 dias, com maturação uniforme (PITOL, 2009).

O Sul do Mato Grosso do Sul apresenta condições climáticas bastante promissoras para o uso de plantas em sistemas de safrinha, necessita de alternativas que possam aproveitar melhor essas características. As plantas oleaginosas de

outono/inverno possuem uma importância muito grande para o sistema brasileiro de produção de biodiesel, uma vez que podem ser utilizadas em áreas totalmente disponíveis, complementando o sistema fitotécnico com uma maior qualidade ambiental.

Diante disso, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da rotação e sucessão de culturas nos componentes de produção das oleaginosas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi iniciada em 2009 na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados – MS (Latitude 22°13'16''S, Longitude 54°48'2''W e 458 m de altitude).

O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Cfa (Clima Mesotérmico Úmido sem estiagem), em que a temperatura do mês mais quente é superior a 24°C, com temperatura média de 22°C e a precipitação pluviométrica anual da região é de 1200 a 1400 mm e a evapotranspiração real anual é de 1100 à 1200 mm. Nas Figuras 1 e 2 estão os dados referentes às precipitações pluviométricas e temperaturas máximas e mínimas por decêndios durante o período da semeadura até a colheita das culturas do milho e da soja nas safras de 2010/11 e 2011/12.

O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf), textura muito argilosa (80% de argila, 14% de silte e 6% de areia) e fertilidade natural variável, profundo, friável e com grande homogeneidade ao longo do perfil. O relevo é normalmente plano e suavemente ondulado. A cobertura vegetal consiste basicamente de pastagens e lavouras formadas em regiões da Floresta Estacional Semidecidual e região da Savana (Cerrado).

A área onde foi demarcado o experimento já havia sendo cultivada anteriormente por vários anos com a cultura da soja no verão e o milho no outono-inverno. A análise do solo revelou a necessidade de correção, a qual foi realizada no mês de setembro de 2009, com aplicação de quatro toneladas do calcário por hectare em toda área, seguido de uma aração e gradagem grade pesada, a seguir, foi aplicado duas toneladas de gesso e incorporado com grade niveladora.

No Anexo 1 contém os valores da análise química de solo, coletadas no mês de setembro de 2010 em duas profundidades (0-10 cm e 10-20cm), para os tratamentos. Para cada profundidade foram coletadas cinco amostras simples de solo para formar a amostra composta. Os valores representam a média das quatro repetições por tratamento. As amostras após serem peneiradas foram submetidas às determinações dos atributos químicos, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997).

No Anexo 2 encontra-se os valores da análise de matéria orgânica do solo amostradas nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5,0 e 5,0-10 cm, coletadas no mês de setembro de 2012. Da mesma forma que a análise química, foi coletada cinco amostras

simples para formar uma amostra composta. Os valores representam a média de quatro repetições por tratamento.

A determinação dos teores de carbono total foi feita utilizando a metodologia proposta por Yeomans e Bremner (1988), por oxidação via úmida com aquecimento externo.

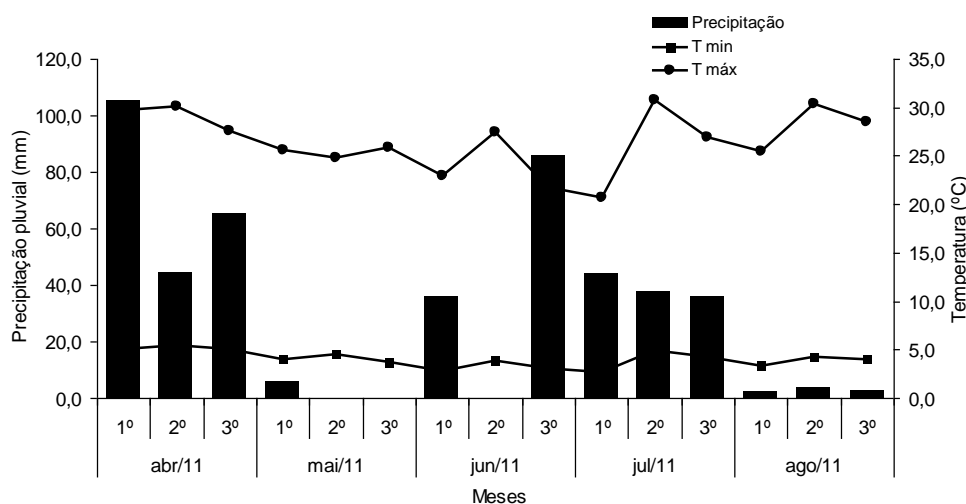


FIGURA 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas por decênio no período de outubro de 2010 à março de 2011 (Safrá 2010/2011). Fonte: Estação Meteorológica da UFGD. Dourados – MS, 2010 e 2011.

Na Tabela 1 estão os tratamentos relacionados com sistemas de produção de grãos com as espécies de outono-inverno semeadas como culturas sucessoras ao milho e soja.

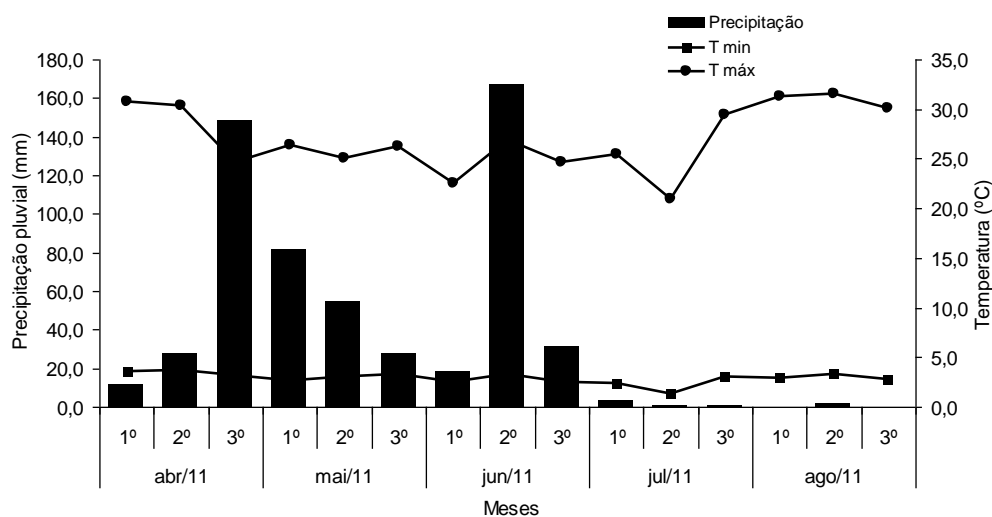


FIGURA 2. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas por decênio no período de outubro de 2011 à março de 2012 (Safrá 2011/2012). Fonte: Estação Meteorológica da UFGD. Dourados – MS, 2011 e 2012.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2 (cinco espécies de oleaginosas e duas culturas antecessoras). Cada tratamento representou por uma espécie de oleaginosas, que foi semeada numa parcela experimental medindo 15 m de largura, com 35 m de comprimento (525 m²).

TABELA 1. Sequência de rotação e sucessão de cultura envolvendo espécies para produção de grãos e de óleo para biodiesel.

Tratamento	Ano agrícola 2010/2011		Ano agrícola 2011/2012	
	Verão	Outono/inverno	Verão	Outono/inverno
1	Milho	Trigo	Soja	Canola
2	Milho	Canola	Soja	Girassol
3	Milho	Trigo	Soja	Cártamo
4	Milho	Nabo forrageiro	Soja	Milho
5	Milho	Cártamo	Soja	Nabo forrageiro
6	Milho	Trigo	Soja	Níger
7	Milho	Crambe	Soja	Milho
8	Milho	Níger	Soja	Crambe
9	Soja	Trigo	Milho	Canola
10	Soja	Canola	Milho	Girassol
11	Soja	Trigo	Milho	Cártamo
12	Soja	Nabo forrageiro	Milho	Trigo
13	Soja	Cártamo	Milho	Nabo forrageiro
14	Soja	Trigo	Milho	Níger
15	Soja	Crambe	Milho	Trigo
16	Soja	Níger	Milho	Crambe

No planejamento do experimento foi determinado que as rotações ou sucessões de culturas fossem avaliadas ao longo dos anos, considerando que as condições climáticas variam entre os anos. Desta forma, houve a necessidade de ter o dobro de parcelas, considerando que no verão ocorre a rotação de cultura entre a soja e milho e no outono-inverno com as espécies de oleaginosas e de poaceas semeadas em sucessão a soja e milho respectivamente. Na Tabela 1 estão descritos a sequência dos tratamentos nas safras agrícolas de 2010/11 e 2011/12, dando ênfase para as oleaginosas semeadas no outono-inverno em sucessão ao milho e soja.

Na safra de 2011 os tratamentos 2, 4, 5, 7 e 8 e em 2012 os tratamentos 9, 13, 11, 16 e 14 foram onde as oleaginosas sucederam ao milho. E os tratamentos 10, 12, 13, 15 e 16 em 2011 e os tratamentos 1, 5, 3, 8 e 6 em 2012 as oleaginosas foram sucedidas pela soja.

Após a colheita da soja e do milho ocorrida no dia dez de março e 05 de março de 2011, respectivamente; já no ano agrícola de 2012, a soja e o milho foram colhidos nos dias 28 de março e 01 de março de 2012, respectivamente. Foram realizadas as

semeaduras das culturas de outono-inverno no sistema plantio direto em sucessão, conforme estabelecido na Tabela 1.

As oleaginosas foram semeadas no dia 10 de abril de 2011 e no dia 12 abril de 2012, utilizando-se uma semeadora equipada com sete linhas, espaçadas entre si de 0,45 m, regulada para distribuir 250 kg ha⁻¹ da formula 08-20-20 + 0,3%Zn + 0,3%B. A densidade de semeadura foi de 20 sementes por metro linear para o nabo forrageiro, crambe, e canola e de 15 sementes para o cártamo. Na fase inicial do estabelecimento das culturas foi necessário o controle de formigas e da lagarta *Spodoptera frugiperda* e da *Diabrotica spenciosa*.

Para o nabo forrageiro (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferus* Metzg.), foi utilizada a variedade IPR 116, para o crambe (*Crambe abyssinica* Hoehst), foi utilizado cultivar Brilhante FMS, para a canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), o híbrido Hyola 61, para o cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), foram utilizadas sementes cedidas pelo Instituto Matogrossense de Pesquisa do Algodão e o níger (*Guizotia abyssinica*), foram utilizadas sementes cedidas por um produtor localizado no município de Primavera do Leste-MS.

As colheitas das oleaginosas foram nas seguintes datas: crambe e níger: nos dias 15 de julho de 2011 e 17 de julho de 2012. Canola e nabo forrageiro: nos dias 10 de agosto de 2011 e 15 de agosto de 2012. E o cártamo: nos dias 12 de setembro de 2011 e 15 de setembro de 2012.

Foram realizadas as seguintes determinações para a cultura das oleaginosas semeadas em sucessão ao milho e soja

Massa seca de plantas: Na fase de florescimento foram amostradas dez plantas por parcela e estas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e pesadas em balança de precisão com três casas decimais, para a determinação da massa seca por planta e transformadas em massa seca por hectare de acordo com a densidade de plantas de cada cultura.

Altura de planta: Foi determinada no momento da colheita, medindo-se dez plantas ao acaso dentro de cada parcela por repetição, com régua graduada em cm, a distância entre o nível do solo até o ápice da planta.

Número de ramificações por planta: O número de ramificações por planta foi determinado na colheita, contando-se, as ramificações de dez plantas.

Produtividade dos grãos: A produtividade foi medida após a trilha e limpeza dos grãos, colhidas dentro da área útil de cada parcela, representada por duas linhas de 5 metros de

comprimento cada. A massa de grãos foi determinada em balança de precisão com duas casas decimais, com os valores expressos de kg ha^{-1} , corrigindo-se o grau de umidade para 13%.

Massa de 1000 grãos: Após determinada a produtividade foi efetuada a contagem de oito sub-amostras de 100 grãos por repetição de cada tratamento. As amostras foram pesadas em balança de precisão com três casas decimais, corrigindo-se o grau de umidade para 13%. A massa de 1000 grãos foi determinada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

Teor de proteína nos grãos: Os grãos foram moídos em moinho de facas. Em seguida foi feita a digestão sulfúrica (MALAVOLTA et al., 1997) determinada pelo método Kjeldahl o teor de nitrogênio. O teor de proteína no grão foi obtido através de uma conversão nos dados de N multiplicando-os por 6,25.

Teor de óleo: A determinação do teor de óleo foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal da UFGD, no aparelho para determinação de óleos e graxas, pelo método conhecido como Soxhlet desenvolvido por Soxhlet (1879). Foram pesados 1g de grãos moídos pra cada amostra, colocados em cartuchos confeccionados com papel filtro e pesados cada cartucho. Para determinação do óleo, foram utilizados 100 ml de hexano para cada amostra, onde as mesmas ficaram por 2 horas no aparelho pra determinação de óleos e graxas sendo “lavadas” pelo hexano para a retirada do óleo, em uma temperatura de 85°C . Depois disso, cada amostra foi pesada, sendo o valor encontrado subtraído do inicial, para a determinação da porcentagem de óleo nos grãos.

Desta forma foi possível avaliar ao longo dos anos o efeito das culturas antecessoras de verão nos componentes de produção das oleaginosas e nos teores de proteína e óleo nos grãos. Para cada ano agrícola foi analisado separadamente o efeito das rotações de soja e milho para as oleaginosas.

Os dados de todas as características avaliadas foram submetidos à análise de variância, para verificação dos efeitos de rotação de culturas em cada safra agrícola. As comparações das médias foram feitas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o aplicativo computacional Assistat, desenvolvido por Silva e Azevedo (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da cultura do girassol fazer parte das rotações de cultura, não foi possível fazer a colheita dos grãos para determinar a produtividade e os teores de proteína e de óleo devidos o intenso ataque de pássaros, que mesmo ensacando a inflorescência (capítulos) das plantas com o tecido TNT, as mesmas foram destruídos pelas maritacas que comeram os grãos, não sendo possível incluir o girassol entre os tratamentos.

Houve efeito das interações entre os fatores estudados (oleaginosas e culturas antecessoras) em todas variáveis analisadas nos dois anos agrícolas (Tabelas 2, 3, 4 e 5).

Houve interação significativa para altura de plantas das oleaginosas, no ano agrícola de 2011 as culturas da canola, nabo forrageiro e crambe obtiveram valores maiores do que das demais oleaginosas tanto nas sucessões de soja e milho (Tabela 2). Em 2012 foram às culturas do nabo forrageiro, cártamo e crambe que tiveram valores significativamente maiores que as demais oleaginosas nas sucessões de soja e milho (Tabela 4). As diferenças entre altura de plantas já era esperado, considerando que as espécies são diferentes embora tenham arquitetura de planta e hábito de crescimento semelhante.

A altura de planta é uma característica controlada geneticamente, sendo influenciada pelas condições climáticas, fertilidade do solo, espaçamento, população de planta e da época de semeadura. No geral, as espécies estudadas não apresentaram acamamento, embora, o nabo forrageiro apresentasse plantas com ligeiro acamamento no final do ciclo.

A altura média das plantas considerando os dois anos agrícolas e para as duas culturas antecessoras (soja e milho) foi para o nabo forrageiro 1,41 m, para canola 1,26 m, para o crambe 1,35 m, para o cártamo 1,18 m e para o níger de 0,87 m. Todas as espécies estudadas apresentam condições adequadas para colheita mecanizada, utilizando a mesma colhedora para soja. A distribuição regular de chuvas nos meses de abril, maio e junho das safras agrícolas de 2011 e 2012, favoreceu o crescimento e desenvolvimento das plantas (Figuras 1 e 2).

A planta do nabo forrageiro pode atingir altura de 1,0 a 1,80 m (AMBROSANO, 2012), o crambe com altura de 70 a 90 cm (PITOL, 2008a), e o cártamo pode atingir até 1,50 m de altura (OELKE et al., 2011). A altura da planta do níger pode variar entre 0,5 a 1,50 m (GETINET e SHARMA, 1996) e a altura da planta de canola de 1,60 a 1,70 m (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001).

A massa seca de plantas das oleaginosas determinadas no florescimento apresentou interação significativa entre as espécies avaliadas nas duas safras agrícolas estudadas (Anexos 3 e 5). A cultura do cártamo tanto na sucessão com soja ou com milho teve maior acúmulo de massa seca na planta nos dois anos agrícolas, diferindo das demais espécies (Tabelas 2 e 4), com valor que variou entre 6755 a 7600 kg ha⁻¹ (Tabela 2).

Pesquisa desenvolvidas por Giacomini et al. (2003) e por Mello et al. (2008) Avaliando a massa seca de plantas de nabo forrageiro obtiveram valores que variou entre 3580 a 5530 kg ha⁻¹ dependendo da região, clima e fertilidade do solo, não estando distante dos dados deste experimento. Já o cártamo a massa seca pode variar de 2500 a 10000 kg ha⁻¹, dependendo do ciclo e da cultivar da cultura (SILVA, 2013). De acordo com Heinz et al. (2011) estudando a decomposição e liberação de nutrientes de resíduos de crambe e nabo forrageiro, a massa seca do nabo forrageiro e do crambe foi de 5.586kg ha⁻¹ e 2.688kg ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 2. Valores médios da interação entre as oleaginosas e as culturas antecessoras (soja e milho) de altura de planta (m) e massa seca de planta (g/planta) das oleaginosas na safra de 2011. Dourados – MS, 2011.

Tratamentos	Altura de planta (m)		Massa seca de planta (kg ha ⁻¹)	
	Culturas antecessoras		Culturas antecessoras	
	Soja	Milho	Milho	Milho
Canola	1,21 aA	1,30 aA	4830 bB	5500 bA
Nabo forrageiro	1,35 aA	1,43 aA	4550 bB	5750 bA
Cartamo	0,97 bA	0,98 bA	6500 aB	7540 aA
Crambe	1,38 aA	1,22 aB	4755 bB	5100 bA
Níger	0,62 cA	0,60 cA	4735 bA	4800 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre as oleaginosas e maiúsculas na linha de soja e milho não diferem entre si pelo teste Scott- Knott a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 4, na safra agrícola de 2011, a massa seca de planta (kg ha⁻¹) apresentou valores significativos quando o milho antecedeu as oleaginosas constatado que a semeadura das oleaginosas sobre o milho produziu maior quantidade de massa seca por hectare. Isso pode ser explicado devido à maior relação C/N do milho, ou seja, a liberação de nitrogênio é lenta e disponibiliza os nutrientes vagorosamente a oleaginosa favorecendo assim o acúmulo de massa seca das plantas.

A produção de fitomassa é um requisito importante para a adoção de uma espécie em sistemas de produção conservacionistas, quando se utiliza a palha para proteção do solo no período de outono/inverno, como no caso do sistema plantio direto,

além da diversificação da sucessão soja/milho, característica da região do cerrado (CARNEIRO et al., 2008).

Segundo Darolt (1998) a quantidade mínima de fitomassa requerida para uma eficiente cobertura do solo está em torno de 6 t ha^{-1} em sistema plantio direto, valor constatado apenas na cultura do cártamo, as outras culturas tiveram valores aproximados de fitomassa, em torno de $4 \text{ a } 5 \text{ t ha}^{-1}$.

O carbono é um elemento essencial para o crescimento das plantas, e não são encontrados no material de origem do solo, logo, sua adição ao solo é devido à presença de matéria orgânica, produzida a partir dos resíduos deixados pelas culturas exploradas (MANCIN, 2010). Como o C é o elemento predominante na composição da matéria orgânica, este elemento é considerado indicador de qualidade do solo, portanto, é imprescindível sua avaliação no solo.

Na camada de 0-20 cm de solos cultivados com culturas anuais e com textura muito argilosa, valores menores que 16 g kg^{-1} de carbono consideram baixos, entre 16 e 20 g kg^{-1} valores médios, e entre 21 e 30 g kg^{-1} os adequados (SOUSA e LOBATO, 2002). Os teores de matéria orgânica determinado em 2012 no solo deste experimento, nas profundidades de 0 - 2,5; 2,5 - 5,0 e de 5,0 a 10 cm são considerados de médio a alto, com algumas variações em função da espécie (Anexo 2), resultado do aporte anual de palha no sistema.

A matéria orgânica do solo analisada nos tratamentos das oleaginosas, mostra que o solo onde a cultura do cártamo estava semeada apresentou um valor maior em relação as demais oleaginosas (Anexo 2), média de $53,247 \text{ g kg}^{-1}$. Isso se deve ao fato da massa seca de plantas desta cultura ser maior do que das demais oleaginosas, proporcionando assim, uma maior quantidade de matéria orgânica. E onde a massa seca de plantas foi menor, houve valores reduzidos de matéria orgânica do solo.

Tabela 3. Valores médios da interação entre as oleaginosas e as culturas antecessoras (soja e milho) da produtividade (kg ha^{-1}), massa de mil grãos (g), teor de proteína nos grãos (g kg^{-1}) e teor de óleo (%) das oleaginosas na safra de 2011. Dourados – MS, 2011.

Tratamentos	Produtividade (kg ha^{-1})		Massa de mil grãos (g)		Teor de proteína nos grãos (g kg^{-1})		Teor de óleo (%)	
	Culturas antecessoras		Culturas antecessoras		Culturas antecessoras		Culturas antecessoras	
	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho
Canola	1382,43 aA	969,29 aB	2,96 cA	2,66 cA	52,50 bA	50,53 bA	34,0 aA	33,75 aA
Nabo forrageiro	764,62 bA	647,47 bA	8,70 bA	10,32 bA	63,0 aA	64,31 aA	31,25 aA	30,50 aA
Cartamo	973,60 bB	1098,77 aA	32,56 aA	31,49 aA	55,25 bA	55,10 bA	36,89 aA	35,75 aA
Crambe	474,67 cB	668,57 bA	4,28 cA	4,24 cA	42,81 cB	50,09 bA	21,25 bA	20,5 bA
Níger	359,75 cA	217,0 cA	3,84 cA	3,30 cA	55,12 bA	46,5 cB	38,75 aA	37,25 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha de soja e milho não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

No ano agrícola 2011, quando as oleaginosas foram semeadas após a soja, a maior produtividade foi para a canola ($1382,43 \text{ kg ha}^{-1}$) diferindo das demais espécies (Tabela 2) e a menor produtividade foi a cultura do crambe e níger com ($474,67$ e $359,75 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente). A canola e o cartamo semeadas após o milho teve as maiores produtividades ($969,29$ e $1098,77 \text{ kg ha}^{-1}$), diferindo das demais espécies, com o níger tendo a menor produtividade ($217,0 \text{ kg ha}^{-1}$).

Em 2012 a canola e o crambe apresentaram maiores produtividades com 700 kg ha^{-1} e a menor produtividade foi o nabo forrageiro com $429,07 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 5), quando as oleaginosas sucederam a soja. Quando o milho antecedeu as oleaginosas, a maior produtividade foi verificada a canola e o crambe ($759,25$ e $615,5 \text{ kg ha}^{-1}$) e o nabo forrageiro com $298,62 \text{ kg ha}^{-1}$ com a menor produtividade.

Tabela 4. Valores médios da interação entre as oleaginosas e as culturas antecessoras (soja e milho) da altura de planta (m) e massa seca (kg ha^{-1}) das oleaginosas na safra de 2012. Dourados – MS, 2012.

Tratamentos	Altura de planta (m)		Massa seca de planta (kg ha^{-1})	
	Culturas antecessoras		Culturas antecessoras	
	Soja	Milho	Soja	Milho
Canola	1,25 bA	1,30 bA	4845 bB	5750 bA
Nabo forrageiro	1,40 aA	1,46 aA	4425 bB	5830 bA
Cartamo	1,38 aA	1,39 aA	6755 aB	7600 aA
Crambe	1,39 aA	1,40 aA	4650 bB	5400 bA
Níger	1,07 cA	1,13 cA	4890 bA	4950 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha de soja e milho não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As produtividades obtidas ainda estão baixas, há necessidade de continuar estudando estas espécies no aspecto fitotécnico, como adequação de população de plantas, espaçamentos e épocas de semeadura, bem como a introdução de outras variedades.

Souza et al. (2010b) avaliaram o desempenho da canola em função da cobertura morta, obtendo produtividade de 2652 kg ha⁻¹. Estudos com doses de enxofre em canola e parcelamento de nitrogênio obtiveram produtividade média de 2792 kg ha⁻¹ (RIGON et al. 2010).

Na safra de 2011, a produtividade média de canola no Brasil foi de 1505 kg ha⁻¹, sendo as maiores produtividades foram obtidas nos estados do Paraná (1572 kg ha⁻¹) e no Mato Grosso do Sul (1533 kg ha⁻¹). A cultura da canola tem aumentado a área de cultivo, sendo semeados 46,3 mil hectares na safra de 2011, sendo 3,3 mil hectares no Mato Grosso do Sul (CONAB, 2011). Nas duas últimas safras, o preço pago na saca de 60 kg de canola equivale ao mesmo valor da saca de soja, com facilidade de comercialização. No ano agrícola de 2010/2011, houve geadas em varias regiões do Centro Sul do Brasil, e a canola por ser tolerante a baixas temperatura, não houve danos nas plantas por temperaturas negativas, ao contrario do milho safrinha, que houve queda acentuada na produtividade.

Pesquisa realizada por Freitas (2010) envolvendo estudo com doses de P₂O₅ e K₂O, desenvolvido em dois anos (2009 e 2010), observou a produtividade do crambe no primeiro ano, variou de 601 kg ha⁻¹ a 760 kg ha⁻¹ quando foram usadas doses crescentes de P₂O₅ e K₂O e de 661 kg ha⁻¹ a 711 kg ha⁻¹ quando usou doses crescentes de nitrogênio. No segundo ano de avaliação os resultados obtidos foram maiores, variando de 962 kg ha⁻¹ a 1.143 kg ha⁻¹ em função das com fósforo e potássio. A diferença de produtividade entre os anos de experimento foi influenciada pelas condições climáticas locais e pela época de colheita dos grãos. Não existem ainda dados estatísticos da área semeada com crambe no Mato Grosso do Sul, estima que na safra 2010/2011 tenha sido cultivada em torno de mil hectares com crambe. Na região existem empresas que tem comprado grãos de crambe para produção de biodiesel, sendo pago R\$600,00 a tonelada. Com base no preço atual o cultivo de crambe passa a ser atrativo em termos de renda, principalmente, para as produtividades acima 1000 kg ha⁻¹.

A produtividade do nabo forrageiro na media dos dois anos agrícolas foi em torno de 612 kg ha⁻¹, sendo superior aos obtidos por Ferreira et al. (2006) trabalhando

com a variedade de nabo forrageiro Cati AL 1000, obtiveram produtividade média de 428 kg ha⁻¹.

A produtividade de grãos de cártamo variou na média dos dois anos agrícolas de 788,6 kg ha⁻¹ quando semeado após o milho e de 731,5 kg ha⁻¹ após a soja. Esses valores foram abaixo dos obtidos no México, no Campo Experimental de Valle Mexicale, com valores variando entre 1,2 a 3 t ha⁻¹ de grãos de cártamo (PULIDO et al., 2002). No Brasil, apesar do cartamo não ter expressividade como cultura econômica, há relato de produtividade variando de 1,0 a 2,0 t ha⁻¹ (CALEGARI, 1998).

A menor produtividade do cártamo em 2012 obtida no experimento foi influenciada pela ocorrência da doença alternaria causado pelo fungo *Alternaria carthami*, que provocou a morte das folhas precocemente durante a fase de enchimento de grãos. A morte prematura das folhas afetou a taxa fotossintética da planta, que além de afetar o acúmulo de massa seca nos grãos, possivelmente, afetou o desenvolvimento inicial das sementes, expresso pelo menor número de sementes por capítulo.

Pesquisa desenvolvida por Rech (2012), com estudo de fungicidas no controle de doenças no cártamo, concluiu que o fungicida azoxistrobina proporcionou a maior produtividade 1923,5 kg ha⁻¹.

Tabela 5. Valores médios da interação entre as oleaginosas e as culturas antecessoras (soja e milho) da produtividade (kg ha⁻¹), massa de mil grãos (g), teor de proteína nos grãos (g kg⁻¹) e teor de óleo (%) das oleaginosas em função das culturas antecessoras soja e milho na safra de 2012. Dourados – MS, 2012.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)		Massa de mil grãos (g)		Teor de proteína nos grãos (g kg ⁻¹)		Teor de óleo (%)	
	Culturas antecessoras		Culturas antecessoras		Culturas antecessoras		Culturas antecessoras	
	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho
Canola	700,0 aA	759,25 aA	2,89 cA	2,78 cA	56,87 aA	61,25 aA	33,45 aA	32,25 aA
Nabo forrageiro	429,07 bA	298,62 cB	8,69 bA	10,56 bA	59,71 aA	55,34 aA	30,5 aA	29,5 bA
Cartamo	489,59 bA	478,39 bA	32,77 aA	33,69 aA	38,64 bA	37,84 bA	36,25 aA	36,5 aA
Crambe	603,0 aA	615,5 aA	4,25 cA	4,89 cA	61,03 aA	58,14 aA	24,0 bA	25,25 bA
Níger	515,29 bA	492,55 bA	3,78 cA	3,57 cA	56,21 aA	59,71 aA	34,25 aA	36,0 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha de soja e milho não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A massa de mil grãos é uma medida de qualidade utilizada para diferentes finalidades, entre elas a comparação de diferentes lotes de sementes, determinação do rendimento de cultivos e mesmo para o cálculo de densidade de semeadura (AMBROSANO, 2012).

A análise de variância da interação oleaginosas x culturas antecessoras dos dados para massa de mil grãos foi significativa para as espécies (Tabela 3 e 5), com o cártamo apresentando a maior massa de grãos, diferindo das demais espécies. Os grãos da canola foi o que apresentou menor massa de mil grãos, seguido do níger e do crambe (Tabelas 3 e 5). Não houve interação significativa para a cultura antecessora. Devido ao pequeno tamanho das sementes do níger e da canola, deve-se ter cuidado na regulagem da máquina colhedora, para evitar perdas de grãos na corrente de ar juntamente com as impurezas, bem como precisão na regulagem da máquina semeadora-adubadora tanto na distribuição de sementes por metro linear, como na profundidade de semeadura. A diferença da massa de mil entre as espécies oleaginosas é devido ao formato, tamanho e peso diferenciado de cada espécie de oleaginosa estudada.

Para os teores de proteína houve interação significativa entre as oleaginosas no ano agrícola 2011 e 2012 tanto na sucessão com milho ou com soja (Tabelas 3 e 5). Em 2011 e 2012 na sucessão com soja e com o milho, o nabo forrageiro apresentou o maior valor de proteína nos grãos (63 g kg^{-1}) e em 2012 o nabo forrageiro, a canola, o cártamo e o níger tiveram seus maiores valores.

Os teores de proteína obtidos nesta pesquisa estão acima dos valores citados na literatura. Possivelmente, esta diferença deve-se ao fato do teor de proteína ter sido determinado nos grãos, enquanto a maioria dos trabalhos tem determinado na torta ou farelo.

Estudo envolvendo épocas de semeadura para o níger concluiu que o teor de proteína nos grãos não foi afetado pela época de semeadura, com valores médios de 49,6% (BOTTEGA, 2012). Porém, o teor de proteína determinado na torta foi de 17 a 19% (DUKE, et al., 1983). De acordo com Calegari, (1990) as sementes de nabo forrageiro possuem cerca de 40% de óleo, sendo um excelente fornecedor de matéria prima para o biodiesel e a torta pode conter até 40% de proteína bruta. A torta de nabo forrageiro apresenta características que possibilitam sua utilização na alimentação de ruminantes com possibilidade de substituição ao farelo de soja, devido à semelhança da degradação ruminal da proteína entre os dos co-produtos, em estudos com bovinos (FORTALEZA et al., 2009).

Pesquisa desenvolvida por Brás (2011) com diferentes tortas, obteve 22,3% de proteína bruta para o cártamo, 41,9% para o nabo forrageiro e 24,6% para o crambe da matéria seca respectivamente. Os resultados de proteína bruta encontrados sugerem, preliminarmente, que essas tortas podem ser utilizadas como fonte de proteína bruta

para animais. Entretanto, os valores para a torta de cártamo observados, estão abaixo dos informados por Ferrari et al., (2008), que citam valores ao redor de 35% de proteína bruta e ressaltam que sua utilização na alimentação de ruminantes é adequada como fonte de proteína. Para a torta de nabo forrageiro, os valores de proteína bruta estiveram acima dos descritos por Abdalla et al. (2008), 34 a 38%.

No Brasil os grãos de canola têm apresentado no farelo 34 a 38% de proteínas, constituindo um excelente suplemento protéico na formulação de rações para bovinos, suínos, ovinos e aves (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 1999).

O teor de óleo detectou diferenças significativas entre as oleaginosas em função da cultura antecessora soja e milho nas duas safras agrícolas. Na safra 2011 quando a soja antecedeu o maior teor de óleo foi encontrado na cultura do níger e o menor teor de óleo foi a cultura do crambe (38,7 e 21,2%, respectivamente) (Tabela 3). Na safra de 2012, ainda com a soja como cultura antecessora, o crambe apresentou menor teor de óleo em relação às demais espécies oleaginosas (Tabela 5). Com o milho antecedendo as oleaginosas verificou-se que o crambe e o nabo forrageiro obtiveram menores teores de óleo. Não houve significância para interação entre as culturas antecessoras.

Todas as espécies estudadas apresentam teores de óleo acima de 20%, sendo superior em relação à soja, que é a principal matéria prima para produção de biodiesel. Os teores de óleo obtido neste estudo estão de acordo com o valores encontrados nos trabalhos de pesquisa, ou seja; canola 34 a 40% (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 1999), nabo forrageiro 38 a 40% (CALEGARI et al., 1998), cártamo 35 a 40% (DAJUE e MÜNDEL, 2002), níger 30 a 40% (DUKE, 1983) e o crambe 26% e 38% (PITOL, 2008b).

4. CONCLUSÕES

Todas as oleaginosas avaliadas em função dos teores de óleo possuem potencial para produção de grãos para indústria de biodiesel.

Os altos teores de proteína, superior ao da soja viabiliza a utilização da torta para utilização na composição de rações para alimentação animal.

As baixas produtividades de grãos das oleaginosas obtidas nesta pesquisa inviabiliza a recomendação das mesmas para produção de biodiesel.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p. 260-268, 2008.

AMBROSANO, L. **Avaliação de plantas oleaginosas potenciais para o cultivo de safrinha**. 2012. 82 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

BOTTEGA, S.P. **Estudos agronômicos do niger (*Guizotia abyssinica*), em função da adubação e da época de semeadura**. 2012. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados/MS.

BRADLEY, V.L.; GUENTHNER, R.L.; JOHNSON, R.C. & HANNAN, R.M. Evaluation of safflower germplasm for ornamental use. In: Perspectives on new crops and new uses, Alexandria, p. 433-435. 1999.

BRÁS, T. **Caracterização nutricional de coprodutos da extração de óleo em grãos vegetais em dietas de ovinos**. 2011. 75 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Zootecnia – APTA/SAA – Nova Odessa – SP.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 2009. 395p.

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Boletim Técnico Instituto Agrônômico do Paraná, n.35, p. 1-36, 1990.

CALEGARI, A. 1998. **Espécies para cobertura de solo**. In M.R. DAROLT. Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Iapar, Londrina. (Circular 101). p. 65- 94, 1998.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola**. Winnipeg, 1999. 23 p.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Revista Bragantia**. Campinas, v.67, n.2, p.455-462, 2008.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos – Safra 2010/2011**, 12º Levantamento, Setembro/2011, 2011.

DAJUE, L.; MÜNDEL, H. Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International **Plant Genetic Resources Institute**, Rome, Italy. 2002.

DAROLT, M.R. **Princípios para implantação e manutenção do sistema.** In: DAROLT, M.R. Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR, 1998. p. 16-45.

DUKE, J.A. *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass. 1983. In: Handbook of energy crops. Disponível em: www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Guizotia_abyssinica.html. Acesso em 04 de dezembro de 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERREIRA, J.M.; ANDRADE, W.E.B.; OLIVEIRA, L.A.A.; VALENTINI, L.; REGO FILHO, L.; RIBEIRO, L.J. Avaliação do nabo forrageiro cv. Cati AL1000 quanto à adubação fosfatada e reciclagem de nutrientes no outono-inverno na Região Norte Fluminense. **Biodisel: O novo combustível do Brasil**, p. 150-154, 2006.

FERRARI, R.A.; POSSENTI, R.A.; PAULINO, V.T. Potencial de produção de co-produtos da indústria de oleaginosas. Uso de Subprodutos da Indústria Bioenergética para Produção Animal, 2008. Nova Odessa-SP . **Anais...** Instituto de Zootecnia, Anais CD-ROOM 98 p., 2008.

FORTALEZA, A.P.S.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A.; BARBERO, R.P.; MASSARO JÚNIOR, F.L.; SANTOS, A.X.; CASTRO, V.S.; CASTRO, F.A.B. Degradabilidade ruminal in situ dos componentes nutritivos de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 481-496, abr/jun, 2009.

FREITAS, M.E. **Desempenho agrônômico do crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) em função da adubação e da densidade de plantas.** 2010. 44f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados/MS.

GETINET, A.; SHARMA, S.M. **Níger - *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.** Rome: IPGRI, 1996, 59p.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.325-334, 2003.

HEINZ, R.; GARBIATE, M.V.; VIEGAS NETO, A.L.; MOTA, L.H.S.; CORREIA, A.M.P.; VITORINO, A.C.T. Deposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.9, p. 1549-1555, 2011.

MELLO, D.F.; FRANZOLIN, R.; FERNANDES, L.B.; FRANCO, V.M.; ALVES, T.C. Avaliação do resíduo de nabo forrageiro extraído da produção de biodiesel como suplemento para bovinos de corte em pastagens. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.9, n.1, p.45-56, 2008.

MIRAGAYA, J.C.G. **Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. In: Informe Agropecuário. Produção de oleaginosas para biodiesel.** EPAMIG. Belo Horizonte, v.26, n.229, p. 7-13, 2005.

OELKE, E.A.; OPLINGER, E.S.; TEYNOR, T.M.; PUTNAM, D.H.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R., NOETZEL, D.M. Safflower: alternative field crops manual. Wisconsin: Cooperative Extension, 2011. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>>. Acesso em 10 de novembro de 2013.

OLIVEIRA JUNIOR. Atividade residual de imazaquin e alachlor + atrazine para plantio sequencial de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.2, p. 219-224, 2001.

PENELA. Y. M. G. **Selección de indicadores que permitan determinar cultivos óptimos para la producción de biodiesel en la eco-regiones chaco-pampeana de la República Argentina.** Inta, mayo de 2007. Disponível em: www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/energia/indicadores_biodiesel.pdf>. Acesso em 10 de setembro de 2013.

PITOL, C. **Crambe: uma nova opção para produção de biodiesel.** Maracaju, Fundação MS, 2008a. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.com.br>>. Acesso em: outubro de 2013

PITOL, C. **Crambe: Planta rústica, com boa tolerância a variações climáticas, baixo custo e rápido ciclo de produção, é considerada excelente fonte de óleo vegetal para geração de biodiesel.** Maracajú, Fundação MS, 2009. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1706214-4529,00.html>>. Acesso em: 23 de julho de 2013.

PITOL. C. **Cultura do crambe: Tecnologias e produção: milho safrinha e culturas de inverno.** 2008. Maracajú: Fundação MS, 2008. Disponível em <<http://www.fundacaoms.org.br/page.php?21>>

PULIDO, M.C.; PALAFOX, J.R.V.; RUIZ, S.D.G. Guia para producir cartamo em Los Valles de Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuária. Folheto para Productores, n35, fevereiro de 2002, México.

RECH, J. **Desempenho agrônômico do cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função da época de semeadura e do controle químico da mancha de alternaria.** 2012. 48 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados – Dourados, MS.

RIGON, J. P. G.; CHERUBIN, M. R.; CAPUANI, S.; MORAES, M. T.; CONTERATO, R. B.; WASTOWSKI, A. D.; ROSA, G. M. Efeito de doses de enxofre e parcelamento do nitrogênio em cobertura na cultura da canola. In: Congresso Brasileiro de Mamona & Simpósio Internacional De Oleaginosas Energéticas, 2010, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, PB, 2010.

SALLET, C.L.; ALVIM, A.M. Biocombustíveis: uma análise da evolução do biodiesel no Brasil. **Economia e Tecnologia**, ano 7, v. 25, p. 1-14, 2011.

SAMPAIO, J.A.; COSTA, A.G. **Perspectivas da cultura do cártamo em Portugal**. DGSA, Ed. do Serviço de Informação Agrícola, 19 p. 1968

SILVA, C.J. **Caracterização agrônômica e divergência genética de acessos de cártamo**. 2013. 59 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Botucatu, SP.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SLUSZZ, T.; MACHADO, J. A. D. **Características das potenciais culturas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar**. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/032.pdf>>. Acesso em: 17 de dezembro de 2013.

SOUZA, L. C. F., PEDROTTI, M. C., TORRES, L.D., MAKIMO, P. A., TANAKA, K. S., FREITAS, M.E. Desempenho agrônômico de cártamo em função de doses de fósforo e potássio In: 4º congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 7º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2010a, Belo Horizonte-MG. **Anais...** 4º congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 7º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Lavras-MG: UFLA, 2010. v.01. p.477 – 478.

SOUZA, L.C.F. ; DOMINGUES, N.L.C. ; FREITAS, M. E. ; TORRES, L.D. ; TANAKA, K. S. ; PEDROTTI, M.C. ; PEDROSO, F.F. Avaliação da potencialidade das culturas de nabo forrageiro e da canola para a produção de biodiesel em sucessão de cultura com o milho. **Anais...** 4º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 7º Congresso Brasileiro de Plantas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2010b, Belo Horizonte - MG. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 7º Congresso Brasileiro de Plantas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2010. p. 439-440.

SOXHLET, F. V. **The soxhlet extractor**. 1879.

TOMM, G. O. **Indicações para cultivo de canola no Rio Grande do Sul**. Santa Rosa: Camera Agroalimentos S.A., 2004. 22 p.

WACHSMANN, N., SARDI, S., BYRNE, R. Raising the bar with better safflower agronomy: Agronomic information and safflower case studies. Grain Research & Development Corporation. 2010.

WEISS, E.A. Oilseed crops. Blackwell Science, Inc. Malden, MA. p. 259–273. 2000.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Science And Plant Analysis**, London, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

ANEXOS

Anexo 1. Valores médios da análise de solo amostradas nas profundidades de 0-10cm e 10-20cm, coletado no mês de setembro 2010. Dourados-MS, 2010.

Tratamento	Profundidade (cm)	pH água	pH CaCl ₂	P (mg/dm ³)mmol _c dm ⁻³							V%
					K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	
Canola	0-20	5,77	5,12	12,77	2,33	2,58	5,69	1,89	1,56	75,23	92,56	84,36
Canola	20-40	5,21	4,77	2,44	0,45	3,69	2,32	0,69	2,36	31,25	55,69	62,36
Nabo forrageiro	0-20	5,89	5,36	11,25	2,64	2,36	5,14	1,79	1,02	78,33	94,24	84,36
Nabo forrageiro	20-40	5,45	5,19	2,56	0,47	2,54	2,26	0,87	1,23	30,25	44,89	68,23
Cártamo	0-20	6,05	5,89	12,36	2,66	2,98	5,45	1,85	1,58	78,65	88,69	89,69
Cártamo	20-40	5,5	5,36	2,66	0,69	2,36	2,94	0,84	2,05	36,69	48,25	48,69
Crambe	0-20	6,21	5,41	13,25	2,77	0,89	5,47	1,32	1,23	75,45	86,33	81,22
Crambe	20-40	5,89	4,80	1,54	0,58	5,69	2,36	0,74	2,36	34,36	54,25	56,36
Níger	0-20	5,87	5,25	16,88	2,59	4,31	6,58	1,36	2,33	81,23	99,36	79,69
Níger	20-40	5,45	4,45	2,54	0,87	4,20	2,47	0,55	1,45	34,99	47,56	65,66

Anexo 2. Valores médios da análise de matéria orgânica do solo (Carbono total) amostradas nas profundidades de 0-2,5 cm; 2,5-5,0 cm e 5,0-10 cm, coletado no mês de setembro de 2012. Dourados-MS, 2012.

Cultura antecessora	Profundidade	g/kg matéria orgânica
Canola	0-2,5	56,698
Canola	2,5-5,0	51,456
Canola	5,0-10	47,874
Nabo forrageiro	0-2,5	53,693
Nabo forrageiro	2,5-5,0	49,987
Nabo forrageiro	5,0-10	45,236
Cártamo	0-2,5	54,445
Cártamo	2,5-5,0	52,986
Cártamo	5,0-10	52,312
Crambe	0-2,5	47,569
Crambe	2,5-5,0	43,478
Crambe	5,0-10	44,569
Níger	0-2,5	41,369
Níger	2,5-5,0	35,874
Níger	5,0-10	33,125

Anexo 3. Análise de variância para massa seca de plantas, altura de plantas, número de ramificações por planta, massa de mil e produtividade das oleaginosas em função da sucessão com milho e soja (Safrá 2011). Dourados – MS, 2011.

Fator de variação	Quadrados médios			
	MS	AP	Nºramificações	Massa de mil grãos
Oleaginosas	3.9099	0,9800	1,3489	0,7664
Culturas antecessoras	145,569	0,42823	76,9	567,90
Oleaginosas x Cult. Antecessoras	4,9565	0,098	0,898	1,877
CV (%)	4,56	6,89	9,54	7,89

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Anexo 4. Análise de variância para produtividade, teor de proteína nos grãos e teor de óleo nos grãos das oleaginosas em função da sucessão com milho e soja (Safrá 2011). Dourados – MS, 2011.

Fator de variação	Quadrados médios		
	Produtividade	Teor de proteína nos grãos	Teor de óleo nos grãos
Oleaginosas	1331,035	5,0798	6,1833
Culturas antecessoras	156530,11	188,73	180,57
Oleaginosas x Cult. antecessoras	2037,83	13,126	5,47
CV (%)	6,93	6,80	7,71

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Anexo 5. Análise de variância para massa seca de plantas, altura de plantas, número de ramificações por planta e massa de mil grãos das oleaginosas em função da sucessão com milho e soja (Safra 2012). Dourados – MS, 2012.

Fator de variação	Quadrados médios			
	MS	AP	Nºramificações	Massa de mil grãos
Oleaginosas	0,00675	0,00288	4,98333	0,8765
Culturas antecessoras	123,66	0,8799	45,90	56,889
Oleaginosas x culturas antecessoras	0,10	0,003	1,69	0,12566
CV (%)	3,45	5,76	9,87	6,90

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Anexo 6. Análise de variância para massa de mil grãos, teor de N foliar, teor de N nos grãos, teor de proteína nos grãos e teor de óleo nos grãos das oleaginosas em função da sucessão com o milho e soja (Safra 2012). Dourados – MS, 2012.

Fator de variação	Quadrados médios		
	Produtividade	Teor de proteína nos grãos	Teor de óleo nos grãos
Oleaginosas	145672,90	56,899	1,987
Culturas antecessoras	65478,1	364,533	356,90
Oleaginosas x culturas antecessoras	13455,3	26,25	7,87
CV (%)	7,98	8,67	7,34

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.