

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO E SOJA EM
DIFERENTES SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS**

LÍGIA MARIA MARASCHI DA SILVA PILETTI

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO E SOJA EM DIFERENTES SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS

LÍGIA MARIA MARASCHI DA SILVA PILETTI

Engenheira Agrônoma, Mestre em Produção Vegetal

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

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P638d Piletti, Lígia Maria Maraschi da Silva

Desempenho agronômico de milho e soja em diferentes sistemas de rotação de culturas. / Lígia Maria Maraschi da Silva Piletti. -- Dourados: UFGD, 2017.

59f. il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza.

Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Milho – soja. 2. *Zea mays* – *Glycine max*. 3. Plantio direto. I. Título.

CDD – 633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

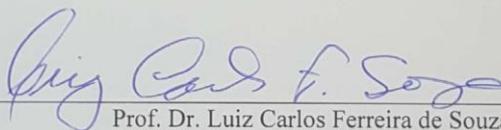
**DESEMPENHO AGRÔNOMICO DE MILHO E SOJA EM DIFERENTES
SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS**

por

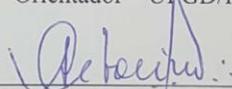
Lígia Maria Maraschi da Silva Piletti

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

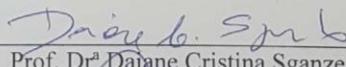
Aprovada em: 14/12/2016



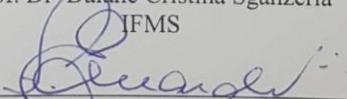
Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
Orientador – UFGD/FCA



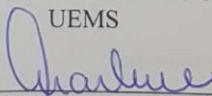
Prof. Dr. Antônio Carlos Tadeu Vitorino
UFGD/FCA



Prof. Dr^a Dalane Cristina Sganzerla
IFMS



Prof. Dr. Francisco Eduardo Torres
UEMS



Prof. Dr^a Marlene Estevão Marchetti
UFGD/FCA

Aos meus avós Waldomiro e Mariazinha.

Ao meu amor Giovani Piletti.

DEDICO

*Só é digno da liberdade, como da vida,
aquele que se empenha em conquistá-la.*
Johann Goethe

AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar saúde, força e me guiar nesta jornada.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós graduação em Agronomia pelo ensino gratuito e de qualidade. À FUNDECT/CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza, um exemplo de profissional, por ter aceitado me orientar, pelos conhecimentos compartilhados e todo apoio para a realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia pelos ensinamentos e experiências compartilhados que me fizeram uma profissional mais capacitada.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da UFGD, Sr. Jesus e equipe, que auxiliaram no trabalho de campo.

À minha família que mesmo na distância sempre se fez presente na minha vida, que me apoiou e orou por mim. Aos meus avós, meus tios, minha irmã Isabela sempre serei grata.

Ao meu marido que apoiou e me ajudou a dar mais um passo, meu agradecimento por todo amor, amizade e companheirismo a mim dedicados.

Aos colegas de iniciação científica, voluntários, estudantes de mestrado e doutorado que auxiliaram nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos meus amigos Mateus e Danieli que estiveram presentes durante todos os momentos deste trabalho, companheiros de sala de aula, campo, laboratório e da vida. À todos meus amigos e colegas de trabalho que torceram para que este dia chegasse. Meus sinceros agradecimentos pelas palavras de coragem e ânimo que me fizeram mais forte.

Aos membros das bancas de qualificação e defesa pelas valiosas contribuições.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Culturas Antecessoras	2
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPÍTULO I – ROTAÇÃO DE CULTURAS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO.....	10
RESUMO.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1 Culturas de outono-inverno.....	15
2.2 Cultura de verão	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 Culturas antecessoras	18
3.2 Avaliação agronômica e produtividade de grãos na cultura do milho verão ...	21
3.2.3 Altura de plantas e altura de inserção de espiga.....	22
3.2.2 Comprimento de espiga, diâmetro de espiga e grãos por espiga	23
3.2.3 Massa de mil grãos e produtividade de grãos.....	24
4 CONCLUSÕES	29
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ANEXOS	34
CAPÍTULO II: DESEMPENHO AGRONOMICO DA SOJA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	38
RESUMO.....	38
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.1 Alturas de planta, inserção de primeira vagem, número de ramificações por planta e número de vagens por planta	46
3.2 Massa de mil grãos e Produtividade	48
4. CONCLUSÕES	52
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXO	57

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO E SOJA EM DIFERENTES SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agronômico de milho e soja em diferentes sistemas de rotação de culturas. A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, Dourados, MS e desenvolveu-se nas safras 2013/14 e 2014/15. O primeiro experimento de rotação de culturas no desempenho agronômico do milho safra, foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com dez tratamentos e três repetições. Os tratamentos corresponderam as culturas antecessoras: aveia branca (*Avena sativa*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferu*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*), ervilhaca (*Vicia villosa*), crambe (*Crambe abyssinica*), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), níger (*Guizothia abyssinica*), canola (*Brassica napus* L. var. *oleífera*), trigo (*Triticum aestivum* L.) e pousio. Foram avaliados altura de planta, altura da primeira espiga, diâmetro e comprimento de espiga, número de grãos por espiga, produtividade e massa de mil grãos. Na safra de 2013/14 houve diferença estatística para altura de planta, inserção de espiga, diâmetro de espiga, grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade. As maiores produtividades foram encontradas para milho semeado após níger, aveia, ervilhaca, crambe, cártamo, crotalária e nabo forrageiro. No ano agrícola 2014/15 houve diferença significativa apenas para a produtividade, sendo maiores valores encontrados para cártamo, canola, nabo, trigo, aveia e níger. O segundo experimento, com avaliação do desempenho agronômico da soja em diferentes sistemas de produção, foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com treze tratamentos e quatro repetições. A soja foi semeada em outubro de cada ano e os tratamentos foram as culturas antecessoras milho solteiro (*Zea mays*), milho em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, *Urochloa ruziziensis* solteira, canola (*Brassica napus* L), trigo (*Triticum aestivum*), nabo (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), aveia branca (*Avena sativa*), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), níger (*Guizothia abyssinica*), crambe (*Crambe abyssinica*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*), ervilhaca (*Vicia villosa*) e pousio. Foram avaliados na ocasião da colheita: altura de plantas, altura de inserção de primeira vagem, número de ramificações por planta, número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade. Na safra 2013/14 apenas a produtividade de grãos foi significativa. Na safra 2014/15 a altura de plantas e a produtividade foram significativas. Em ambas as safras a soja cultivada após pousio apresentou a menor produtividade entre os tratamentos. A rotação de culturas influenciou positivamente a produtividade de grãos de milho e soja nas duas safras agrícolas. As culturas oleaginosas podem ser inseridas no sistema de produção sem interferência negativa nas culturas principais.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Glycine max*, oleaginosas, sistemas de produção, sistema de plantio direto.

CORN AND SOYBEAN AGRONOMIC PERFORMANCE IN DIFFERENT CROP ROTATION SYSTEMS

ABSTRACT

The aim of this study was to study the agronomic performance of corn and soybeans in different crop rotation systems. The survey was carried out at the Experimental Farm of the Faculty of Agricultural Sciences of UFGD, Dourados, MS and developed in the 2013/14 and 2014/15 seasons. The first rotation in agronomic performance of corn crop experiment was managed in a randomized block design with ten treatments and three replications. The treatments were the previous crops: white oat (*Avena sativa*), turnip (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferu.*), crotalaria (*Crotalaria spectabilis*), vetch (*Vicia villosa*), crambe (*Crambe abyssinica*), safflower (*Carthamus tinctorius* L.), niger (*abyssinica* Guizothia), canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), wheat (*Triticum aestivum* L.) and fallow. Plant height and stem diameter, the first ear height, diameter and length of ear, number of grains per ear, productivity and thousand grain weight were evaluated. In the season 2013/14 there was statistical difference for plant height, ear insertion, ear diameter, grains per ear, thousand grain weight and productivity. The highest yields were found for corn grown after Niger, oat, vetch, crambe, safflower, sunn hemp and turnip. In the season 2014/15 there was a significant difference only for productivity, higher yields were found to safflower, canola, turnip, wheat, oats and niger. The second experiment: Agronomic performance of soybean in different production systems, was managed in a randomized block design with thirteen treatments and four replications. Soybean was sown in October each year and the treatments were single maize (*Zea mays*), corn intercropping with *Urochloa ruziziensis*, *ruziziensis* Brachiaria single, canola (*Brassica napus* L), wheat (*Triticum aestivum*), turnip (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), oat (*Avena sativa*), safflower (*Carthamus tinctorius* L.), niger (*abyssinica* Guizothia), crambe (*Crambe abyssinica*), (*Crotalaria spectabilis*), vetch (*Vicia villosa*) and fallow. At the time of harvest, plant height, first pod height, number of branches per plant, number of pods per plant, thousand grain weight and productivity were evaluated. In the 2013/14 harvest only grain yield was significant. In the season 2014/15 the plant height and yield were significant. In both harvests soybeans grown after fallow had the lowest productivity of the experiment. Crop rotation positively influenced the productivity of corn and soybean in both harvests. The oil crops can be inserted in the production system without negative interference in major crops.

Key-words: *Zea mays* , *Glycine max*, oil crops, production systems, no-tillage system.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos do mundo e figura entre os maiores produtores de grãos (USDA, 2016). Na safra de 2014/2015 foram produzidas aproximadamente 208 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2016) e, deste montante, destacam-se as culturas de milho e soja, responsáveis por 87% do total produzido. Nesta mesma safra foram colhidos 85 milhões de toneladas de milho e 96 milhões de toneladas de soja. Na cultura do milho tem sido observado uma preferência dos agricultores pela semeadura na segunda safra, visto que no ano agrícola de 2014/15, aproximadamente, 6,1 milhões de hectares foram cultivados com milho de primeira safra e 9,5 milhões de hectares com milho de segunda safra, enquanto que a soja ocupou 32 milhões de hectares, (CONAB, 2016).

O Mato Grosso do Sul é atualmente o quinto maior produtor de grãos, responsável pela produção de 17 milhões de toneladas de grãos dos quais 52% são grãos de milho e 41% são grãos de soja, observando-se, também a preferência por soja e milho (CONAB, 2016).

O sistema plantio direto (SPD) é conceituado como a forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente. Fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas (HECKLER; SALTON, 2002). Observa-se, no entanto, que a maioria dos agricultores realiza efetivamente apenas duas dessas premissas, ou seja, de uma forma geral não há revolvimento do solo e há cobertura do solo com os restos vegetais das culturas antecessoras, mas não se observa a realização plena da rotação de culturas.

A rotação de culturas consiste em alternar, em um mesmo local, diferentes culturas em uma sequência regular e lógica. Derpsch e Calegari (1985) acrescentam a esse conceito que, num esquema de rotação ideal, uma cultura não deve ser semeada no mesmo local em intervalo menor do que dois anos, devendo, se possível, o intervalo ser de três ou mais anos. A rotação de culturas diferencia-se da sucessão de culturas, que é a sequência preestabelecida de culturas dentro de um ano agrícola (SOUZA et al., 2012).

A rotação de culturas com o uso de plantas de diferentes espécies e que exploram o solo de maneira diferente pode influenciar positivamente o teor de matéria orgânica do solo. É importante incluir espécies com sistema radicular vigoroso e aportes

expressivos de matéria seca, o que pode alterar as propriedades química e físicas do solo (STONE; SILVEIRA, 2001).

A manutenção do teor de matéria orgânica em valores mais elevados na camada superficial do solo decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo sob plantio direto, pela ausência de incorporação física destes através do revolvimento do solo, praticada no plantio convencional, a qual diminui a taxa de mineralização (SANTOS; TOMM, 1999).

Diante das opções de plantas para inserir em sistemas de rotação de culturas com soja e milho, é necessário buscar espécies que contribuam para o aumento de produtividade das principais culturas, melhoria na qualidade física, química e biológica do solo.

1.1 Culturas Antecessoras

No Brasil, existem poucos estudos acerca de culturas com valor comercial agregado e características agronômicas desejadas que possam ser inseridas em sistemas de rotações de culturas.

Como alternativa, as plantas consideradas adubo verde podem ser utilizadas para serem inseridas no sistema de rotação de culturas. Segundo Souza et al., 2012 a adubação verde consiste em plantar uma espécie vegetal que, após atingir seu pleno desenvolvimento vegetativo, será cortada ou acamada, sendo sua massa deixada sobre a superfície ou incorporada ao solo, com a finalidade de manter ou aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo.

As principais espécies de adubos verdes utilizadas em rotação de culturas pertencem, principalmente, às famílias Fabaceae e Poaceae, uma vez que, as plantas da família das *Fabaceae* favorecem maior densidade relativa de microorganismos do solo, e as gramíneas favorecem os grupos da serrapilheira (SANTOS et al., 2008). Os mesmos autores observaram que a crotalária resulta em maior densidade da macrofauna, seguida pela braquiária solteira e consorciada com milho.

Plantas pertencentes à família *Fabaceae*, também tem como particularidade o fato de formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂. Como resultado da simbiose, quantidade expressiva desse nutriente torna-se disponível às culturas após o manejo da leguminosa, o que pode representar contribuições

consideráveis à viabilidade econômica e à sustentabilidade dos sistemas de produção (BODDEY et al., 1997), por reduzirem a necessidade de N adubos nitrogenados sintéticos.

Espécies como aveia branca (*Avena sativa*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) proporcionam benefícios ao sistema produtivo quando são inseridas na rotação com culturas como soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*), por serem importantes na reciclagem de nutrientes que são disponibilizados para as culturas sucessoras (CORTEZ et al., 2008). Segundo Wisniewski e Holtz (1997), cerca de 85% do fósforo (P) contido na biomassa de aveia foi mineralizado num período de 179 dias, tornando-se disponível às culturas em sucessão.

A crotalária é considerada adubo verde e uma planta com características adequadas aos sistemas de rotação de culturas por apresentarem características de fixação e reciclagem de nitrogênio. Paulino et al. (2009) constataram que a crotalária forneceu 149,5 kg ha⁻¹ por ano de N. Perin et al. (2010), constataram elevada taxa de liberação de P a partir de resíduos de crotalária. Além da crotalária, a ervilhaca é uma cultura que contribui para o aumento do aporte de N para o solo (CERETTA et al., 2002).

O nabo forrageiro, uma planta anual, herbácea e muito ramificada (DERPSCH; CALEGARI, 1992), também se destaca por ser uma planta já bastante conhecida dos agricultores, é. Caracteriza-se pelo crescimento inicial rápido, e aos 60 dias após a emergência promove a cobertura de 70% do solo (CALEGARI, 1990). A espécie tem sido empregada nas regiões Sul e Centro-Oeste do Brasil e no Estado de São Paulo, como material para adubação verde de inverno e planta de cobertura, em sistemas de cultivo conservacionistas como o plantio direto. As sementes 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.

O nabo forrageiro possui elevado potencial de geração de material verde no sistema de plantio direto (CRUSCIOL et al., 2005) e também pode proporcionar a descompactação do solo por meio de suas raízes abundantes e vigorosas (REINERT et al., 2008).

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é a segunda cultura de inverno de maior importância econômica, e, embora sofra com a sazonalidade de preços praticados aos produtores em função da concorrência com o trigo importado de outros países vem

ganhando espaço especialmente na região sul e Centro Oeste do Brasil com o desenvolvimento de cultivares adaptados a estas regiões e pode ser uma boa opção na rotação de culturas em função de ter uma boa cobertura de solo e palhada de longa persistência, devido à elevada relação C/N (HEINZMANN, 1985).

Na tentativa de aumentar o aporte de palha no solo, sem que a produtividade das culturas produtoras de grãos seja afetada, o uso de espécies forrageiras em consórcio com milho, principalmente, do gênero *Urochloa*, também tem sido muito estudado e utilizado por agricultores e pesquisadores (BERNARDES, 2003; TORRES, 2003; ANDRIOLI, 2004; TIMOSSI, 2007). A utilização de pastagens em áreas de lavoura, por períodos de dois anos ou mais, pode contribuir para a melhoria da qualidade física dos solos já que, resíduos vegetais são indispensáveis para aumentar o tamanho e a estabilidade dos agregados, favorecer o controle da erosão e a resistência do solo à compactação (MACHADO; ASSIS, 2010).

Além de culturas utilizadas como adubos verdes e que já possuem efeitos benéficos ao sistema de produção de uma forma geral, algumas culturas com potencial de oleaginosas podem ser inseridas no sistema de produção de forma a contribuir com a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do sistema; e também contribuir com o retorno financeiro ao agricultor.

Estas culturas são visadas principalmente pelo potencial na obtenção de óleos vegetais como matéria-prima para produção de biodiesel. O biodiesel surge como uma alternativa de grande potencial, visto ser obtido de fontes renováveis da biomassa, sendo considerado um combustível "ecologicamente correto", pois reduz de maneira significativa a emissão de poluentes tais como o monóxido de carbono e os hidrocarbonetos não queimados (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008).

De acordo com Beltrão e Oliveira (2008) apenas a soja é cultivada em escala suficiente para a produção comercial de biodiesel, uma vez que cerca de 90% da atual produção brasileira de óleos vegetais provém dessa leguminosa. No entanto, outras culturas poderiam ser utilizadas para produção de biodiesel, tais o crambe (*Crambe abyssinica*) que se destaca por apresentar teor de óleo elevado e menor custo de produção por litro quando comparado à girassol, canola e soja que são as principais oleaginosas cultivadas atualmente (JASPER et al., 2010)

O crambe (*Crambe abyssinica*) uma planta de inverno originária do mediterrâneo, tem sido cultivado na África, Ásia, Europa, Estados Unidos, México e

América do Sul. Pertence à família das Brassicaceas e apresenta grande potencial para ser cultivada com a finalidade de produção de biodiesel, com percentual de óleo total entre 26% e 38%. Além disso, é tolerante à seca, à geada 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, 2008).

Além do crambe, o cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) e o níger (*Guizothia abyssinica*) também podem ser boas opções para inserção em sistemas, estas plantas são pouco estudadas no Brasil e podem se tornar boas opções para inserção em sistemas de rotação e para produção de biodiesel.

O cártamo é cultivado há mais de 2000 anos em diversos países pela sua adaptabilidade em diferentes condições ambientais e, principalmente, pela qualidade de seu óleo. A planta tem uma altura que varia entre 30 e 150 cm, com raiz extremamente vigorosa; o caule produz ramificações em número variável, cada ramificação produz 1-5 capítulos de cor amarela, laranja ou vermelha; os frutos são aquênios, cada um dos quais com 15-30 sementes com um teor de óleo entre 30 e 45% (DAJUE; MÜNDEL, 2002). Os principais produtores mundiais são a China, Egito, Estados Unidos, Índia, México e Rússia (USDA, 2013). As sementes desta espécie possuem elevados teores de óleos (35 a 40%) de ótima qualidade, tanto para consumo humano, como para uso industrial. O óleo de cártamo possui altos teores de ácidos linoléicos (70%) e oléicos (20%) e baixa porcentagem de ácido linolênico (3%), (BRADLEY et al., 1999). Souza et al. (2015) concluíram que o cártamo pode ser inserido no sistema de rotação com soja sem causar prejuízos ao crescimento ou à produtividade da cultura principal.

O níger é uma planta nativa da África e 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). As sementes do níger possuem de 30% a 40% de óleo, sendo utilizada na alimentação, fabricação de tintas, sabonetes e a torta possui de 17 a 19% de proteína. Mauad et al. (2015) em experimento com níger concluíram que a exportação de nutrientes e o índice de colheita são baixos para as plantas de níger, resultando maior oferta de nutrientes para o cultivo em rotação, o que pode melhorar a fertilidade do solo, proporcionando maior produtividade das culturas sucessoras.

A canola (*Brassica napus* L) é amplamente utilizada no Brasil para consumo na alimentação humana e é cultivada especialmente no Rio Grande do Sul (CONAB, 2013). Os grãos produzidos no Brasil têm apresentado em torno de 38% de óleo e o farelo possui 34 a 38% de proteína, constituindo um excelente suplemento protéico na formulação de rações para bovinos, suínos, ovinos e aves (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 1999).

Diante das opções de plantas para inserir em sistemas de rotação de culturas com soja e milho, é necessário buscar espécies que contribuam com o aumento de produtividade das principais culturas, e que auxiliem na melhoria na qualidade física, química e biológica do solo.

Assim, este trabalho foi concebido com base em três hipóteses: as diferentes espécies antecedendo a cultura da soja podem influenciar a sua produtividade diferenciadamente; as diferentes espécies antecedendo a cultura do milho podem influenciar a sua produtividade diferenciadamente; é possível determinar um ou mais sistemas de rotação de culturas que favoreçam a produtividade da cultura de verão. Com base nisso, o trabalho objetivou estudar os sistemas de rotação com soja e milho cultivados no verão, culturas oleaginosas e adubo verde no inverno, analisando a produtividade de grãos e componentes do rendimento de soja e milho, bem como o desempenho agrônômico das culturas antecessoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP.** 2004. 78f. Tese (Livre-Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2004.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas e seus óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel.** Campina Grande, 2008. 28p. (Embrapa Algodão. Documentos, 201).

BERNARDES, L.F. **Semeadura de capim-braquiária em pós emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto.** 2003. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias -

BODDEY, R.M.; SÁ, J. C. D. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Elsevier, v. 29, p. 787-799. 1997

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

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

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

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTI, 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**, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54. 2002 .

CONAB, 2013. Companhia Nacional de Abastecimento. **6º levantamento de safra.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 19 jun. 2013.

CONAB, 2016. Companhia Nacional de Abastecimento. **4º levantamento de safra.** Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 25 abril 2016.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C. **Produção de massa por culturas implantadas em rotação no SPD de soja e milho.** 2008. Disponível em <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=879> Acesso em 25 abril 2016.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no

plantio direto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 161-168. 2005.

DAJUE, L.; MÜNDEL, H. Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.7. **Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research**, Gatersleben/International Plant Genetic. 2002.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde no inverno**. Londrina: IAPAR, 1985. 96 p. (IAPAR. Documentos, 9).

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Circular. Instituto Agrônômico do Paraná, n.73. p. 1-78, 1992.

HECKLER, J. C.; SALTON, J. C. **Palha: fundamento do Sistema Plantio Direto**. Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 26 p. Dourados.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, 1021-1030, 1985.

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A. Comparação do custo de produção do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) com outras culturas oleaginosas em sistema de plantio. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, p.141-153. 2010.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.4, p.415-422. 2010.

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

PAULINO, G. M.; ALVES, B. J. R.; BARROSO, D. G.; URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, A. A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1598-1607. 2009.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; CABALLERO, S. S. U.; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L. A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalaria e milho solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.2, p. 274-281. 2010.

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

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M. et al. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.32, p.1805-1816. 2008.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Rotação de culturas para trigo, após quatro anos efeitos na fertilidade do solo em plantio direto. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 259-265, 1999.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.115-122. 2008.

SOUZA, C. M. PIRES, F. R. PARTELLI, F. L. ASSIS, R. L. **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2012. 108 p.

SOUZA, L. C. F.; PEDROSO, F. F.; PILETTI, L. M. M. S.; SECRETTI, M. L. Desempenho agrônômico da soja em sucessão de culturas com espécies de oleaginosas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, p.112-126, 2015.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. R. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 395-401. 2001.

TIMOSSI, P.C; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.66, p.617-622. 2007.

TORRES, J.L.R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual UNESP, 2003.

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE), World corn supply and use. **World agricultural supply and demand estimates**. Disponível em: <<http://usda.gov./oce/commodity/wasde/latest.pdf>> Acesso em: 21 mai. 2013.

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE), World corn supply and use. **World agricultural supply and demand estimates**. Disponível em: <<http://usda.gov./oce/commodity/wasde/latest.pdf>> Acesso em: 21 mai. 2016.

WEISS, E.A. **Oilseed crops**. Blackwell Science, Inc. Malden, MA. p. 259–273. 2 Ed. 2000.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G.P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, 32:1191-1197. 1997.

CAPÍTULO I – ROTAÇÃO DE CULTURAS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO

RESUMO

Com este trabalho objetivou estudar o desempenho agronômico de milho em diferentes sistemas de rotação de culturas. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, Dourados, MS, nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15, utilizando o delineamento em blocos casualizados com dez tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram compostos por culturas antecessoras: aveia branca (*Avena sativa*), nabo forrageiro (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferus*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*), ervilhaca (*Vicia villosa*), crambe (*Crambe abyssinica*), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), níger (*Guizothia abyssinica*), canola (*Brassica napus* L. var. *oleífera*), trigo (*Triticum aestivum* L.) e pousio. As culturas antecessoras foram semeadas no outono-inverno de cada ano agrícola e o milho foi semeado em outubro de cada ano. Na ocasião da colheita foram avaliados: altura de planta, altura de inserção de espiga, comprimento e diâmetro de espiga, grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade. No ano agrícola de 2013/14 houve diferença estatística para altura de planta, inserção de espiga, diâmetro de espiga, grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade. As maiores produtividades foram encontradas para milho semeado após níger, aveia, ervilhaca, crambe, cártamo, crotalária e nabo forrageiro. Na safra 2014/15 houve diferença significativa apenas para a produtividade, as maiores produtividades foram obtidas na rotação com cártamo, canola, nabo forrageiro, trigo, aveia e níger. O cultivo de milho após pousio proporciona menores rendimentos de grãos. A rotação de culturas influencia a produtividade de milho e é recomendada a fim de melhorar a produtividade. O milho cultivado após aveia, cártamo, nabo forrageiro e níger apresenta maiores produtividades.

Palavras-chave: *Zea mays*, culturas oleaginosas, sistemas de produção.

CHAPTER I - CROP ROTATION IN AGRONOMIC PERFORMANCE CORN

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the agronomic performance of corn in different crop rotation systems. The experiment was managed at the Experimental Farm of the Faculty of Agricultural Sciences of UFGD, Dourados, MS in the agricultural years of 2013/14 and 2014/15, carried out in a randomized block design with ten treatments and three replications. The treatments were constituted by the previous crops: white oat (*Avena sativa*), turnip (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus*.), crotalaria (*Crotalaria spectabilis*), vetch (*Vicia villosa*), crambe (*Crambe abyssinica*), safflower (*Carthamus tinctorius* L.), niger (*abysinnica* Guizothia), canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), wheat (*Triticum aestivum* L.) and fallow. The preceding crops were planted in the fall and winter of each crop year and corn was sown in October each year. At the time of harvest plant height, ear insertion height, length and ear diameter, grains per ear, thousand grain weight and productivity were evaluated. In the season 2013/14 there was statistical difference for plant height, ear insertion, ear diameter, grains per ear, thousand grain weight and productivity. The highest yields were found for corn grown after niger, oats, vetch, crambe, safflower, sunn hemp and turnip. In the season 2014/15 there was a significant difference only for productivity, higher yields were found to safflower, canola, turnip, wheat, oats and niger. The maize crop after fallow provides lower grain yields. Crop rotation influences corn yield, it is recommended for boost productivity. Corn grown after oats, safflower, forage turnip and niger showed higher yields.

Keywords: *Zea mays* , oil crops, production systems.

1. INTRODUÇÃO

No Estado de Mato Grosso do Sul na safra 2014/15 a soja ocupou 2,3 milhões de hectares e o milho (verão) 20,5 mil hectares, enquanto no cultivo de 2ª safra a área de milho foi de 1,6 milhões de hectares. Por razões econômicas existe uma preferência por parte dos agricultores em produzir milho na segunda safra em detrimento à safra (CONAB, 2016).

A produtividade média do milho no verão é mais alta do que na segunda safra, de acordo com dados da Conab (2016) o milho no verão de 2014/2015 produziu em média 8.500 kg ha⁻¹ enquanto na segunda safra do mesmo ano agrícola a produtividade foi de 5.640 kg ha⁻¹. Da forma como está caracterizada a distribuição das culturas nas áreas agrícolas, fica evidenciado que a maioria dos produtores de grãos realiza o plantio direto, sem o preparo de solo, mas na maioria das áreas, não existe rotação de culturas e o que acontece é sempre a sucessão entre soja e milho.

A rotação de culturas, juntamente com a cobertura permanente e a ausência de revolvimento do solo, compõem os princípios básicos do sistema plantio direto (SPD). A ausência dessa prática acarreta o surgimento de alterações de ordem química, física e biológica no solo, que podem comprometer a estabilidade do sistema produtivo (FRANCHINI et al., 2011). Andrade et al. (2009) estudando diferentes culturas de cobertura em SPD observaram maior diâmetro médio de agregados no solo quando cultivados com diferentes culturas em rotação. Os mesmos autores observaram ainda, menores densidades e maior porosidade total do solo, à medida que houve aumento de matéria orgânica.

Além de benefícios na física do solo, a decomposição da palhada beneficia também sua química. Crusciol et al. (2008) concluíram que pelo cultivo de aveia preta, nutrientes como N, P, Ca e S são disponibilizados de forma gradual ao longo do período de decomposição da palhada, enquanto que o K é disponibilizado de forma mais rápida, logo após o manejo da palhada. O nabo forrageiro, outra opção de cultura de cobertura, no estágio de pré-florescimento apresenta rápida degradação da palhada, liberando quantidades substanciais de macronutrientes (CRUSCIOL et al., 2005).

Uma característica importante que deve-se levar em consideração na escolha de espécies para compor sistemas de rotação é a relação C/N. De acordo com Moreira e Siqueira (2002), na presença de fitomassa com concentração de N alta e,

consequentemente, relação C/N baixa, como as leguminosas de maneira geral, a demanda por N dos microrganismos no processo de decomposição é satisfeita rapidamente, e o N em excesso passa a ser liberado rapidamente no solo. Por outro lado, se a concentração de N dos resíduos vegetais for baixa (relação C/N alta), a quantidade de N mineralizado não é suficiente para atender a demanda dos microrganismos, os quais passam a imobilizar o N mineral disponível no solo, o que geralmente acontece com gramíneas de maneira geral. Entretanto, plantas com relação C/N alta apresentam decomposição mais lenta, promovem maior cobertura do solo no decorrer do tempo quando comparadas à plantas com relação C/N mais baixa (ANDREOLA et al., 2000; PERIN et al., 2004).

A rotação de culturas apresenta como principais vantagens a contribuição para a melhoria e manutenção da fertilidade do solo; menor incidência de pragas, doenças e plantas daninhas na lavoura; maior diversificação de culturas na propriedade, o que reduz os riscos de insucesso na atividade agrícola e a manutenção e melhoria da produtividade das culturas (FIDELIS et al., 2003). Mesmo sendo conhecidos diversos benefícios da rotação de culturas, esta prática ainda é adotada por poucos agricultores, havendo assim, a necessidade de uma mudança na forma de pensar sobre a atividade agrícola, a partir de um contexto sócio-econômico, com preocupações ambientais (MANCIN et al., 2009).

O milho é importante para compor os sistemas de rotação de culturas, tanto no cultivo de verão, quanto no de segunda safra. No Brasil, o milho, tem alto potencial produtivo, alcançando 10.000 kg ha⁻¹, em condições experimentais e por agricultores que adotam tecnologias adequadas (CARVALHO et al., 2004). A média de produtividade do país, no entanto, é 4.898 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016). 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).

No Estado de Mato Grosso do Sul, alguns trabalhos foram desenvolvidos com a cultura do milho no verão compondo sistemas de rotação de culturas, sendo destacadas altas produtividades de milho nesses sistemas. Souza et al. (2016) avaliando diferentes sistemas de rotação e diferentes culturas de outono-inverno antecessoras ao milho de verão observaram produtividade de 9.196 kg ha⁻¹ quando cultivado após a cultura do níger. Produtividades elevadas também foram observadas por Freitas (2014), quando na safra de 2010/11 avaliando diferentes sistemas de rotação no sul de Mato Grosso do Sul,

observou produtividade de milho na ordem de 11.923 kg ha⁻¹, sendo esta produtividade bem superior à média do Estado (6.700 kg ha⁻¹).

Considerando que o milho é uma importante cultura para ser utilizada na safra de verão, com intuito de realizar uma eficiente rotação de culturas e que existem opções de plantas de outono-inverno que podem ser inseridas nestes sistemas, objetivou-se com este trabalho estudar os efeitos de diferentes sistemas de rotação de culturas no desempenho agrônômico do milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados, com coordenadas geográficas de latitude 22° 14'S, longitude de 54° 49'W e altitude de 458 metros. O clima, de acordo com a classificação de Koppen é Am (tropical de monções). A precipitação pluviométrica total anual da região é de 1.400 a 1.500 mm e a temperatura média anual é de 22°C. O solo predominante na área experimental é o Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006) apresentando-se com textura argilosa. A análise química do solo a partir de amostragem realizada em setembro de 2012, encontra-se no Anexo 1.

O local em que foi desenvolvido o experimento encontra-se sob Sistema de Plantio Direto (SPD) desde o ano de 2009, quando foi realizada aplicação de calcário e gesso, conforme necessidades apontadas na ocasião por análise de solo.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos estão apresentados na Tabela 1. Cada unidade experimental possui 35m de comprimento por 15 m de largura, totalizando uma área de 525 m². No Anexo 2 encontra-se fotografia aérea do experimento no ano de 2013.

Tabela 1. Sequência de tratamentos do experimento nas safras agrícolas 2013/14 e 2014/15. Dourados, MS, 2016.

Inv.12/Ver.13/Inv.13	Verão 2013.14	Inv.13/Ver.14/Inv.14	Verão 2014.15
Canola/Soja/Aveia	Milho	Ervilhaca/Soja/Aveia	Milho
Trigo/Soja/Canola	Milho	Girassol/Soja/Canola	Milho
Trigo/Soja/Cártamo	Milho	Nabo/Soja/Cártamo	Milho
Níger/Soja/Crambe	Milho	Crotalária/Soja/Crambe	Milho
Cártamo/Soja/Ervilhaca	Milho	Aveia/Soja/Ervilhaca	Milho
Cártamo/Soja/Nabo	Milho	Trigo/Pousio/Nabo	Milho
Trigo/Soja/Níger	Milho	Crambe/Soja/Níger	Milho
Pousio/Milho/Pousio	Milho	Pousio/Soja/Pousio	Milho
Crambe/Soja/Crotalária	Milho	Níger/Soja/Crotalária	Milho
Nabo/Soja/Trigo	Milho	Cártamo/Soja/Trigo	Milho

Foram avaliadas duas safras agrícolas, 2013/14 e 2014/15. As rotações com culturas oleaginosas (canola, cártamo, crambe, níger), grãos (trigo e aveia) e adubos verde (crotalária, ervilhaca e nabo forrageiro) ocorreram no outono-inverno de cada safra agrícola e no verão aconteceu a rotação com soja e milho. Foi deixada uma unidade experimental com pousio no outono-inverno e milho no verão em ambas as safras.

2.1 Culturas antecessoras

Nos Anexos 3 e 4 encontram-se os dados de precipitação pluvial e temperatura durante o período de outono-inverno do experimento nos anos 2013 e 2014.

Os tratamentos constavam das culturas antecessoras implantadas no outono-inverno de cada ano agrícola, seguindo recomendações de semeadura e condução de acordo com cada espécie. No tratamento em pousio não foi realizada nenhuma semeadura no outono-inverno e as plantas daninhas foram controladas conforme necessidade apresentada.

A semeadura da crotalária, níger, nabo forrageiro (IPR 116), trigo (BRS 210), aveia, ervilhaca, canola (Hyola 61), crambe (Brilhante FMS) e cártamo ocorreu no mês de março de cada ano (2013 e 2014), utilizando 250 kg ha⁻¹ do adubo 07-20-20 + 0,3B + 0,3 Zn. Para a semeadura das culturas de outono-inverno, foi utilizada semeadora-adubadora com oito linhas, com espaçamento de 0,4 m. A densidade de semeadura utilizada para trigo e aveia foi 60 sementes m⁻¹, para as demais culturas foi utilizada a densidade de 25 sementes m⁻¹. As culturas de outono-inverno foram colhidas ao final do ciclo de cada espécie.

Após a colheita das culturas antecessoras foi coletada duas amostras de palha de cada parcela. Coletou-se área conhecida de 0,25 m² que foi seca em estufa de circulação forçada com temperatura de 60°C, pesou-se e o valor foi extrapolado para 1 hectare. A palhada foi, então, moída e submetidas à análise química para determinação dos teores de N, seguindo os procedimentos descritos por BATAGLIA et al. (1983). O C foi determinado pelo método descrito por TEDESCO et al. (1985). Com os dados, foi calculado a relação C/N dos materiais depositados sobre o solo.

Os dados de todas as variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância, para verificação dos efeitos das culturas. As comparações das médias foram feitas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

2.2 Cultura do milho verão

Nos anexos 5 e 6 estão apresentados os dados de temperatura e precipitação referentes aos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15.

Para a semeadura de milho verão realizada nos dias 06/10/2013 e 22/10/2014 foi utilizado o híbrido simples precoce DKB 390 VT PRO, utilizando-se semeadora-adubadora modelo pneumático marca Jumil com sete linhas de milho, espaçadas entre si a 0,9 m. A adubação de semeadura foi de 300 Kg ha⁻¹ do formulado 07-20-20 + 0,3% de B + 0,3% de Zn e a adubação de cobertura foi realizada quando as plantas de milho estavam no estágio V6 (RITCHIE, 1993) com 60 kg N ha⁻¹ de N, utilizando como fonte nitrogenada a ureia.

O controle de plantas daninhas foi realizado aplicando-se 0,7 L ha⁻¹ de nicossulfuron para controlar plantas daninhas de folhas largas e estreitas e 3,0 L ha⁻¹ de atrazina para controlar plantas daninhas de folhas largas. O controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi feito em duas pulverizações com os inseticidas de princípio ativo Flubendiamida, na dose de 70 mL ha⁻¹ p.c. e Beta-ciflutrina + Imidacloprido, na dose de 500 mL ha⁻¹ de p.c. A primeira pulverização foi feita com Flubendiamida no estágio V6 (RITCHIE et al., 1993), a segunda pulverização foi realizada com o inseticida Beta-ciflutrina + Imidacloprido, quando as plantas estavam em V8.

A colheita do milho foi realizada em fevereiro de 2013 e 2014, colhendo-se manualmente duas linhas de cinco metros, amostradas ao acaso dentro de cada parcela.

Na ocasião da colheita foram realizadas as seguintes determinações para a cultura do milho:

Altura de planta: Foi determinada com régua graduada em centímetros, tomando-se a distância entre o nível do solo e a inserção da folha bandeira. A avaliação foi realizada na fase de grão duro, sendo que os valores correspondem à média de cinco plantas tomadas ao acaso por parcela.

Altura da inserção de espiga: As mesmas plantas foram utilizadas para determinar a altura de inserção de espiga com régua graduada em centímetros, tomando-se a distância 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 avaliações 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: A massa de 1000 grãos foi determinada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

Os dados de todas as variáveis 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.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Culturas antecessoras

As culturas oleaginosas cártamo, canola, crambe e níger foram colhidas ao atingirem a maturação fisiológica e os resultados de produtividade dos anos 2013 e 2014 estão apresentados na Tabela 2. A cultura do cártamo no ano de 2013 foi acometida por uma doença fúngica cujo agente causal é *Alternaria carthami*, o que impossibilitou a colheita de grãos. O ataque da doença coincidiu com o último decêndio do mês de maio/2013 e o primeiro de junho/2013 (Figura 1) que foi um período chuvoso, o que prejudicou o controle da doença.

No ano de 2014 o cártamo obteve produtividade de 1.518 kg ha⁻¹, esta produtividade encontra-se abaixo da encontrada por Guidorizzi (2016) que observou produtividades na ordem de 1.836 a 2.119 kg ha⁻¹ em diferentes híbridos e níveis de adubação. No Brasil os estudos com cártamo ainda são escassos, na literatura são mencionadas produtividades na ordem de 2.600 a 3.500 kg ha⁻¹ na Grécia (DORDAS e SIOULAS, 2008). Por apresentar elevada incidência de doenças, o cultivo de cártamo na região estudada pode ser onerado, em virtude da necessidade de controle químico de doenças para se obter maiores produtividades, tornando-se uma opção inviável para o agricultor a curto prazo. Existe a necessidade de busca por cultivares mais resistentes a doenças que são comuns devido às condições climáticas encontradas na região e época de cultivo.

A produtividade de canola nos dois anos foi muito abaixo da média de Mato Grosso do Sul em 2012 (1.033 kg ha⁻¹), esta cultura vem sendo pouco cultivada no Estado e a baixa produtividade alcançada pelos agricultores tem sido um dos entraves para a consolidação da oleaginosa (CONAB, 2016).

Tabela 2. Produtividade das culturas oleaginosas de outono-inverno em rotação com milho em 2013 e 2014. Dourados – MS, 2016.

Cultura	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	2013	2014
Cártamo	**	1.518,51 a*
Canola	764,59 ^{ns}	394,29 b
Crambe	1.193,75	810,93 b
Níger	585,52	417,98 b
CV (%)	26	24

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste F (p<0,05). ^{ns} Não difere estatisticamente pelo teste F (p<0,05). ** Colheita não realizada

A produtividade de grãos de crambe foi em 2013 de 1.193,75 e 810,93 em 2014. Em ambos os anos o rendimento foi superior ao resultado obtido por Ferreira e Silva (2011) que observaram produtividade de 293 kg ha⁻¹ em Rondonópolis, MT. Nos últimos anos algumas pesquisas têm sido desenvolvidas com crambe no Brasil e é possível alcançar produtividades maiores com o avanço no conhecimento adquirido a partir destas.

O crambe é uma planta tradicionalmente de climas frios e, por isso, tem apresentado maiores produtividades em regiões e/ou anos mais frios (ADAMSEN; COFFELT, 2005). Viana et al. (2015) obtiveram produtividade de 2.118,57 kg ha⁻¹ no oeste do Paraná. Na região noroeste do Paraná, Rogério et al. (2013) observaram produtividade na ordem de 1.224,98 kg ha⁻¹, produtividade semelhante à obtida por Jasper et al. (2010) (1.507 kg ha⁻¹). Freitas (2014) em condições semelhantes a este experimento obteve produtividade de crambe na ordem de 668 kg ha⁻¹.

A produtividade de níger neste experimento foi 585,52 e 417,98 em 2013 e 2014, respectivamente (Tabela 2). Estas produtividades foram superiores à relatada por Getinet e Sharma (1996) que relataram produtividades de 200 a 300 kg ha⁻¹. Piletti et al. (2016) encontraram produtividades superiores, com valores médios de 643 e 824 kg ha⁻¹ em condições semelhantes a este experimento. Estes resultados demonstram que é possível obter maiores produtividades de grãos de níger.

Na Tabela 3 estão apresentados a relação C/N e a produção de palhada dos anos 2013 e 2014 culturas de outono-inverno.

Tabela 3. Produção de palhada (Mg ha⁻¹) e Relação C/N das culturas de outono-inverno em 2013 e 2014. Dourados – MS, 2016.

Cultura	Palhada 2013	Palhada 2014	Relação C/N
Níger	4,28 c	4,49 b	20,0
Canola	2,20 d	2,66 c	20,0
Ervilhaca	5,43 b	4,30 b	13,5
Nabo	5,66 b	6,26 a	22,0
Crambe	4,48 c	4,86 b	14,0
Crotalária	6,29 a	6,60 a	13,0
Cártamo	3,76 c	6,20 a	30,0
Trigo	5,45 b	4,73 b	29,0
Aveia	6,70 a	6,13 a	32,0
CV (%)	9,98	13,45	

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste F (p<0,05).

De acordo com Alvarenga et al. (2001) valores de palhada superior a 6.000 kg ha⁻¹ de fitomassa seca é considerado a quantidade mínima ideal de palhada, para cobertura do solo no sistema de plantio direto. Nos anos 2013 e 2014 a crotalária e a aveia apresentaram produção de palhada superior a este valor. Em 2014 também apresentaram produção de fitomassa superior a 6.000 kg ha⁻¹ o nabo e cártamo.

A aveia é uma planta bastante cultivada na região Sul do Brasil no outono-inverno. Estudos com diferentes espécies de cobertura conduzidos por Silva et al. (2007) evidenciaram produção de matéria seca na ordem de 3,6 Mg.ha⁻¹ de aveia preta na região Sul do País, esta quantidade foi maior na região do cerrado (6,27 Mg.ha⁻¹) em estudo conduzido por Carneiro et al. (2008). A aveia por possuir relação C/N considerada alta (32) possui permanência no solo maior e contribui para formação de palha e melhoria da estrutura do solo, principalmente da estabilização dos agregados, devido ao sistema radicular agressivo e abundante, sendo constituída também, de uma reserva de nutrientes imobilizados na palha que podem ser liberados lentamente (PAULETTI, 1999).

A crotalária é uma planta fixadora de nitrogênio que apresenta-se como importante aliada dos agricultores para compor sistemas de rotação de culturas, com produção de matéria seca em torno de 9 Mg.ha⁻¹ e relação C/N igual a 13, esta planta disponibiliza rapidamente os nutrientes após o manejo dos restos culturais (PERIN et al., 2010).

A produção de palhada do nabo forrageiro foi significativamente superior no ano de 2014 (6,26 Mg.ha⁻¹), situando-se em grupo intermediário em 2013 com a produção de 5,66 Mg.ha⁻¹. Estes valores corroboram Carneiro et al. (2008) que obteve produção de fitomassa na ordem de 5,29 Mg.ha⁻¹. Em experimento desenvolvido por Heinz et al. (2011) o N foi rapidamente liberado dos resíduos culturais de nabo forrageiro, apresentando liberação de cerca de 30% do N total já aos 15 dias após o manejo, passando a atingir 60% do N total aos 30 dias após o manejo, este dado demonstra que o nabo é uma importante cultura que pode auxiliar na reciclagem de nutrientes. Devido à liberação dos nutrientes dos resíduos culturais do nabo forrageiro ocorrer de forma acentuada no período inicial, é possível inferir que, para maximizar o aproveitamento desses nutrientes, a implantação da cultura subsequente deve ser realizada o mais breve possível após o manejo da cultura (CRUSCIOL et al., 2005; HEINZ et al., 2011).

O cártamo proporciona elevado aporte de palhada ao sistema, de acordo com Guidorizzi (2016) na média de diferentes genótipos utilizados em seu estudo pode

produzir 10.787 kg ha⁻¹ de matéria seca, por possuir alta relação C/N, em média 30, o cártamo pode ser uma importante cultura para compor sistemas de rotação para o sistema plantio direto em condições de clima tropical, em que há problemas com a rápida degradação dos restos culturais. No presente experimento apenas em 2014 o cártamo se destacou na produção de palhada, entretanto, é importante salientar que esta cultura foi acometida por doença causada por *Alternaria carthami* o que prejudicou seu crescimento e desenvolvimento.

3.2 Avaliação agrônômica e produtividade de grãos na cultura do milho verão

A análise de variância das características avaliadas foram significativas pelo teste de F ($p < 0,05$), exceto para comprimento de espiga no ano agrícola de 2013/14. Porém, no ano agrícola 2014/15 houve diferença estatística apenas para produtividade de grãos (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da Análise de Variância para altura de planta, inserção de espiga, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade de milho em função das culturas antecessoras na safra 2013/14 e 2014/15. Dourados – MS, 2016.

Variáveis	Quadrado Médio				
	Bloco	Tratamento	Resíduo	CV	Teste F
2013/14					
Altura de Planta	253,86	2198,23	119,22	4,91	18,43*
Inserção de Espiga	7,55	325,05	41,14	5,16	7,90*
Comprimento de Espiga	3,97	4,79	2,05	7,45	2,33 ^{ns}
Diâmetro de Espiga	0,46	11,17	1,33	2,58	8,35*
Grãos por Espiga	498,69	5795,92	2402,99	9,64	2,41*
Massa de Mil Grãos	55,91	992,74	52,99	1,91	18,73*
Produtividade de grãos	1140220	8281059	657496	10,98	12,59*
2014/15					
Altura de Planta	0,005	0,006	0,005	3,08	1,25 ^{ns}
Inserção de Espiga	0,013	0,008	0,003	4,58	2,16 ^{ns}
Comprimento de Espiga	6,086	4,116	1,702	6,39	2,41 ^{ns}
Diâmetro de Espiga	0,149	0,347	0,021	3,12	1,64 ^{ns}
Grãos por Espiga	780,158	3766,524	2201,835	9,51	1,71 ^{ns}
Massa de Mil Grãos	8195,475	1224,61	639,209	6,88	1,91 ^{ns}
Produtividade de grãos	13895829,21	2363348,48	760838,4	10,2	3,11*

* Difere estatisticamente pelo teste F ($p < 0,05$). ^{ns} Não difere estatisticamente pelo teste F ($p < 0,05$)

3.2.3 Altura de plantas e altura de inserção de espiga

No ano agrícola 2013/2014 foi observada maior altura de plantas quando o milho foi semeado após a ervilhaca peluda e aveia, com a menor altura de plantas na sucessão com nabo forrageiro, pousio e canola. Também foi verificado maior inserção de espiga na rotação do milho com a ervilhaca peluda, cártamo, crambe e do níger (Tabela 5). As menores alturas de inserção de espiga ocorreram após pousio e canola.

No ano agrícola 2014/15 não houve diferença estatística para altura de planta e inserção de espiga entre os tratamentos analisados; todos os tratamentos apresentaram altura e inserção de acordo com o previsto para este híbrido, o que se justifica por se tratar de um híbrido simples com elevada homogeneidade entre as plantas (Tabela 5).

Tabela 5. Altura de planta e inserção de espiga de milho submetido a diferentes culturas antecessoras na safra 2013/14 e 2014/15. Dourados, MS, 2016.

Culturas Antecessoras	Altura de Planta (m) Inserção Espiga(m)	
	2013/14	
Canola/Soja/Aveia	2,46 a	1,25 b
Girassol/Soja/Canola	1,86 c	1,10 c
Trigo/Soja/Cártamo	2,23 b	1,31 a
Níger/Soja/Crambe	2,23 b	1,41 a
Cártamo/Soja/Ervilhaca	2,48 a	1,35 a
Cártamo/Soja/Nabo	2,03 c	1,16 c
Trigo/Soja/Níger	2,23 b	1,33 a
Pousio/Milho/Pousio	1,96 c	1,06 c
Crambe/Soja/Crotalária	2,27 b	1,29 b
Nabo/Soja/Trigo	2,08 b	1,24 b
CV (%)	3,95	5,16
Culturas Antecessoras	2014/15	
Ervilhaca/Soja/Aveia	2,27 ^{ns}	1,23 ^{ns}
Girassol/Soja/Canola	2,36	1,28
Nabo/Soja/Cártamo	2,34	1,29
Crotalária/Soja/Crambe	2,38	1,35
Aveia/Soja/Ervilhaca	2,29	1,33
Trigo/Pousio/Nabo	2,36	1,32
Crambe/Soja/Níger	2,33	1,35
Pousio/Soja/Pousio	2,42	1,35
Níger/Soja/Crotalária	2,40	1,36
Cártamo/Soja/Trigo	2,41	1,43
CV (%)	3,00	4,50

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

^{ns} Não difere estatisticamente pelo Teste F (p<0,05).

De acordo com Repke et al., (2012) a altura de planta 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, por diminuir o centro de gravidade da planta. Para Pereira (2014) a altura de plantas de milho é influenciada principalmente pela variação de população de plantas. O milho DKB 390 é um híbrido simples, precoce, apresentando altura média de 2,20 m e inserção de 1,25 m (DEKALB, 2014).

3.2.2 Comprimento de espiga, diâmetro de espiga e grãos por espiga

Os maiores diâmetros de espiga foram alcançados para milho semeado após aveia, cártamo, crambe, ervilhaca, níger e pousio na safra 2013/14. O número de grãos por espiga teve relação direta com o diâmetro de espiga, os maiores números de grãos por espiga foram alcançados por milho semeado após aveia, cártamo, crambe, ervilhaca, níger e pousio (Tabela 6).

Tabela 6. Diâmetro, comprimento de espiga e grãos por espiga de milho submetido a diferentes culturas antecessoras na safra 2013/14 e 2014/15. Dourados, MS, 2016.

Culturas Antecessoras	Comprimento Espiga (cm)	Diâmetro de Espiga (cm)	Grãos por Espiga (un)
Canola/Soja/Aveia	19 ^{ns}	4,50 a ¹	519 a ¹
Girassol/Soja/Canola	20	4,20 b	471 b
Trigo/Soja/Cártamo	18	4,70 a	533 a
Níger/Soja/Crambe	18	4,60 a	546 a
Cártamo/Soja/Ervilhaca	18	4,60 a	547 a
Cártamo/Soja/Nabo	19	4,30 b	453 b
Trigo/Soja/Níger	17	4,50 a	550 a
Pousio/Milho/Pousio	19	4,40 a	535 a
Crambe/Soja/Crotalária	21	4,30 b	470 b
Nabo/Soja/Trigo	20	4,20 b	480 b
CV (%)	7,50	2,58	9,00
Culturas Antecessoras		2014/15	
Ervilhaca/Soja/Aveia	19,8 ^{ns}	4,6 ^{ns}	497,5 ^{ns}
Girassol/Soja/Canola	21,3	4,6	538,9
Nabo/Soja/Cártamo	21,2	4,7	530,2
Crotalária/Soja/Crambe	19,1	4,7	449,3
Aveia/Soja/Ervilhaca	19,5	4,5	433,3
Trigo/Pousio/Nabo	20,2	4,7	503,8
Crambe/Soja/Níger	19,5	4,7	489,3
Pousio/Soja/Pousio	20,2	4,5	489,1
Níger/Soja/Crotalária	19,9	4,5	459,1
Cártamo/Soja/Trigo	20,6	4,8	488,2
CV (%)	6,30	3,00	9,50

^{ns} Não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade. ¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

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 da cultura.

3.2.3 Massa de mil grãos e produtividade de grãos

No ano agrícola 2013/14 as menores massa de mil grãos foram obtidas quando o milho foi semeado após pousio, trigo e canola, que também proporcionaram menor produtividade (Tabela 7). A massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos (OHLAND et al., 2005). Nos dois anos agrícolas houve efeito significativo para a produtividade. Em 2013/14 o milho foi mais produtivo quando cultivado após níger, aveia, ervilhaca, crambe, cártamo, crotalária e nabo forrageiro. E obteve menor produtividade quando a cultura imediatamente anterior foi pousio, trigo e canola (Tabela 7).

Tabela 7. Produtividade de Grãos de Milho (2013/14) em diferentes sistemas de rotação de culturas. Dourados, MS, 2016.

Sistema de Rotação	Massa de Mil Grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
	2013/14	
Canola/Soja/Aveia	397 a ¹	9.003 a ¹
Trigo/Soja/Canola	343 c	5.922 b
Trigo/Soja/Cártamo	380 a	8.266 a
Níger/Soja/Crambe	389 a	8.548 a
Cártamo/Soja/Ervilhaca	389 a	8.974 a
Cártamo/Soja/Nabo	393 a	7.648 a
Trigo/Soja/Níger	393 a	9.196 a
Pousio/Milho/Pousio	371 b	6.774 b
Crambe/Soja/Crotalária	382 a	8.203 a
Nabo /Soja/Trigo	358 c	6.748 b
CV (%)	2,00	10,98
Sistema de Rotação	2014/15	
Ervilhaca/Soja/Aveia	376,1 ^{ns}	8.509 a
Girassol/Soja/Canola	355,3	9.490 a
Nabo/Soja/Cártamo	388,3	9.826 a
Crotalária/Soja/Crambe	336,6	7.856 b
Aveia/Soja/Ervilhaca	400,7	7.930 b
Trigo/Pousio/Nabo	370,8	8.936 a
Crambe/Soja/Níger	369,4	8.401 a
Pousio/Soja/Pousio	349,5	7.362 b
Níger/Soja/Crotalária	352,1	8.056 b
Cártamo/Soja/Trigo	366,3	8.895 a
CV (%)	6,8	9,59

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A média de produtividade do experimento na safra 2013/14 foi de 7.928 kg ha⁻¹, inferior à média de 2014/15, 8.526 kg ha⁻¹. Embora tenha havido maior precipitação na safra de 2013/14 (Figuras 1 e 2), na primeira safra foi acumulado no último decêndio de novembro e no mês de dezembro um total de 139,2 mm de precipitação enquanto no segundo ano agrícola no mesmo período choveu 207 mm. Este período correspondeu ao estágio fenológico mais crítico do milho entre V12 e R1, no qual as plantas definem potencial de rendimento e são mais vulneráveis às intempéries da natureza (MAGALHÃES; DURÃES, 2006). Quando houve adequado suprimento hídrico nos estádios mais críticos, houve maior expressão do potencial produtivo do milho nos sistemas de rotação de culturas.

Em ambas as safras avaliadas, o milho após aveia, cártamo, nabo forrageiro e níger apresentou maiores produtividades de grãos. Os demais tratamentos apresentaram variações de acordo com o ano avaliado.

Em 2013/14 o milho apresentou produtividade após a cultura do níger de 9.196 kg ha⁻¹, não diferindo significativamente de milho produzido após aveia, ervilhaca, crambe, cártamo, crotalária e nabo. Na safra 2014/15 o milho após níger apresentou produtividade de 8.401 kg ha⁻¹ não diferindo significativamente de cártamo, canola, nabo, trigo e aveia. Cabe ressaltar que em ambos os anos agrícolas o milho semeado após o níger neste experimento apresentou produtividade semelhante a média estadual 8.350 e 8.500 kg ha⁻¹, nas respectivas safras (CONAB, 2016). É importante frisar que os locais que produzem milho no verão em Mato Grosso do Sul apresentam condições climáticas favoráveis ao cultivo de milho e os agricultores com maior nível de tecnologia, portanto, a produtividade média do Estado se mantém elevada.

Souza et al. (2016) concluíram em seu estudo que o níger é recomendado para cultivo em rotação de culturas antecedendo a cultura do milho, em seu experimento o milho cultivado após o níger apresentou a maior produtividade, seguido de girassol e crambe.

A contribuição do níger para a cultura sucessora pode estar ligada aos benefícios trazidos por esta cultura à melhoria física do solo, Bergamin (2012) relatou que o cultivo de níger no outono-inverno em sucessão à soja ou milho, aumenta a macroporosidade e diminui a densidade do solo na camada de 0-10 cm, o que promove maior desenvolvimento de raízes. Este autor observou ainda que a cultura do níger cultivada no outono-inverno tanto em sucessão à cultura da soja quanto do milho de verão

proporciona melhor estrutura do Latossolo Vermelho distroférico, quando comparado a outras culturas em rotação.

O níger apresenta elevadas taxas de extração de nutrientes do solo (MAUAD et al., 2015). Estes autores concluíram que a exportação de nutrientes e o índice de colheita são baixos para as plantas de níger, resultando maior oferta de nutrientes para o cultivo em rotação. Isto pode melhorar a fertilidade do solo, proporcionando maior produtividade das culturas sucessoras. Estas conclusões podem ajudar a esclarecer o motivo pelo qual o níger se demonstrou uma cultura importante no sistema, proporcionando produtividades satisfatórias à cultura do milho implantada em imediata sucessão.

Em ambas as safras agrícolas o milho semeado após a aveia apresentou produtividade acima de 8.500 kg ha⁻¹, considerada satisfatória (Tabela 7). A aveia foi também nas duas safras uma das culturas que proporcionou maior aporte de palhada ao sistema (Tabela 3). Menezes (2016) estudando a produtividade de milho após aveia preta no Paraná, observou produtividade de 11.930 kg ha⁻¹ quando utilizada adubação nitrogenada no milho, já quando não utilizada adubação nitrogenada, a produtividade foi inferior, na ordem de 5.360 kg ha⁻¹.

O nabo forrageiro esteve nas duas safras entre as culturas antecessoras que proporcionaram maiores rendimentos à cultura do milho (Tabelas 7), em 2013/14 (7.648 kg ha⁻¹) e também em 2014/15 (8.936 kg ha⁻¹). O nabo é considerado uma importante cultura para inserir em sistemas de rotação por sua excelente ciclagem de nutrientes (HERNANI et al., 1995). O nabo forrageiro propiciou nos dois anos agrícolas boa cobertura, com valores considerados adequados para o estabelecimento da semeadura do milho em SPD. Estes resultados corroboram Franchini (2014) que obteve uma das maiores produtividades para milho semeado após nabo forrageiro 6.535 kg ha⁻¹ quando comparado a outras culturas em rotação com milho. Por outro lado, Freitas (2014) encontraram para milho após nabo forrageiro as menores produtividades de seu experimento (7.633 kg ha⁻¹).

Em 2013/14 o cártamo despontou como uma importante cultura antecessora situando-se no grupo que proporcionou as maiores produtividades ao milho (Tabela 7). Em 2014/15 o milho semeado após cártamo também esteve no grupo que proporcionou maiores produtividades, não diferiu significativamente de canola, nabo forrageiro, trigo, aveia e níger (Tabela 7). Franchini (2014) observou produtividade de milho após cártamo

na ordem de 5.989,75 kg ha⁻¹, sendo esta produtividade considerada intermediária em seu experimento.

No presente experimento o milho cultivado após a ervilhaca na safra 2013/14 apresentou produtividade superior à média estadual (8.974 kg ha⁻¹), na safra 2014/15 a produtividade foi aquém (7.930 kg ha⁻¹). No outono-inverno 2013 a produção de palha da ervilhaca foi superior à produção em 2014; 5,43 e 4,30, respectivamente. Uma das causas que favoreceu produtividades satisfatórias de milho após a ervilhaca pode ter sido a contribuição desta cultura para o aumento de nitrogênio no solo. Menezes (2016) observou produtividade para milho após ervilhaca peluda na ordem de 10.650 kg ha⁻¹ mesmo na ausência de adubação nitrogenada.

O milho cultivado em sucessão ao crambe apresentou produtividade alta no ano de 2013/14 (8.548 kg ha⁻¹), rendimento superior ao do Estado de Mato Grosso do Sul na mesma safra, 8.350 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016). Este resultado de produtividade corrobora com os obtidos por Freitas (2014) que observaram produtividade de 11.322 kg ha⁻¹ para milho cultivado após crambe. O crambe é estudado para compor sistemas de rotações não só pelo seu potencial em produção de biocombustível, mas também por ser uma planta que contribui na reciclagem de nutrientes. Na safra 2014/15 o crambe como cultura antecessora proporcionou produtividade de 7.856 kg ha⁻¹, sendo considerada uma das menores produtividades entre os tratamentos (Tabela 7). Franchini (2014) também observou produtividade menor de milho antecedido por crambe, 5.970 kg ha⁻¹, em 2010/11.

Como cultura antecessora neste experimento a crotalária proporcionou ao milho produtividade semelhante nos dois anos agrícolas (8.206 kg ha⁻¹ em 2013/14 e 8.056 kg ha⁻¹ em 2014/15). A crotalária proporcionou nos dois anos um dos maiores aportes de palhada ao sistema, sendo superior ao considerado ideal, 6 Mg ha⁻¹. Altas produções de fitomassa seca tem sido reportada para crotalária, Suzuki e Alves (2006) observaram produção de 9,83 Mg ha⁻¹ e 12,8 Mg ha⁻¹ foi obtido por Wutke (1993).

O trigo apresentou comportamento diferente nas duas safras agrícolas, em 2013/14 como cultura antecessora proporcionou uma das mais baixas produtividades ao milho (6.748 kg ha⁻¹), este resultado corrobora com Franchini (2014) que encontrou produtividade de milho em 2010/11 na ordem de 4.856 kg ha⁻¹ quando cultivado após o trigo. Em 2014/15 o trigo ficou no grupo de culturas que proporcionaram maiores produtividades ao milho (8.895 kg ha⁻¹), Freitas (2014) também encontrou para uma das

safras avaliadas, 2010/11, maior produtividade de milho após trigo (9.145 kg ha^{-1}) e em 2011/12 não observou diferença estatística para produtividade de milho após sistemas de rotação envolvendo trigo, pousio, níger, cártamo, crambe, nabo forrageiro e girassol.

A canola antecedendo o milho proporcionou produtividades 5.922 kg ha^{-1} e 9.940 kg ha^{-1} , nos respectivos anos agrícolas. No estudo de Franchini 2014 a canola antecedendo o milho proporcionou à cultura de verão uma das maiores produtividades do experimento, 6.468 kg ha^{-1} , produtividade estatisticamente igual às proporcionadas por níger e nabo forrageiro. Freitas (2014) também observou maiores produtividades de milho após canola, 9.169 kg ha^{-1} . Em ambas as safras a produção de palhada da canola foi bem abaixo dos demais tratamentos (Tabela 3) e inferior à considerada adequada para o SPD. Entretanto, no ano 2013/14 a produtividade de milho após canola foi uma das menores do experimento, coincidindo com o ano que ocorreu déficit hídrico na fase crítica da cultura. Esta menor produtividade do milho pode ser função da baixa produção de palhada da canola, pois a palhada diminui o escoamento superficial da água da chuva e pode auxiliar no armazenamento de água no perfil do solo, que pode ficar por mais tempo disponível para as plantas (SILVA et al, 2006)

O comportamento diferenciado das culturas antecessoras nos diferentes anos pode ser resultado das condições climáticas no outono-inverno, que podem favorecer uma cultura e não a outra, visto que são espécies diferentes, de famílias botânicas diferentes e cada uma possui determinadas condições que favorecem o seu desenvolvimento. O comportamento diferente sugere também que a combinação de rotação ao longo dos anos influencia significativamente o comportamento das plantas sucessoras.

Em ambas as safras foi possível notar baixa produtividade do milho quando a parcela foi deixada em pousio no outono-inverno, 6.774 e 7.362 kg ha^{-1} em 2013/14 e 2014/15, respectivamente. Estes resultados corroboram os obtidos por Franchini (2014) e também Freitas (2014) que encontraram produtividades de 5.443 kg ha^{-1} e 6.699 kg ha^{-1} , respectivamente, relatados como os menores valores de produtividade obtidos nos respectivos experimentos.

Carneiro et al. (2008) avaliando diferentes espécies de cobertura e o pousio encontraram menor produção de matéria seca na área deixada em pousio, além de alta densidade populacional de plantas daninhas como o picão preto (*Bidens pilosa* L.), capim amargoso (*Digitaria insularis*) e guanxuma-branca (*Sida glaziovii* K. Schum.),

ressaltando a importância da utilização de espécies de cobertura do solo no período da entressafra, no outono-inverno.

4 CONCLUSÕES

O milho cultivado após aveia, cártamo, nabo forrageiro e níger apresenta maiores produtividades. As culturas oleaginosas se apresentam como boa opção para integrar sistemas de rotação de culturas com milho no verão. O cultivo de milho após pousio proporciona menores produtividades.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMSEN, F. J.; COFFELT, T. A. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 21, p. 293–307. 2005.

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36. 2001.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.411–418, 2009.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.867-874, 2000.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

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.

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. **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.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas**. 2016. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: 07 fev. 2016.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 161-168. 2005.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da Palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.481-489. 2008.

DEKALB. **Sementes de milho híbrido de alta produtividade**. Disponível em: <<https://www.dekalb.com.br/produto/dkd390>>. Acesso em: julho de 2014.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 306 p.

FERREIRA, F. M.; SILVA, A. R. B. Produtividade de grãos e teor de óleo da cultura do crambe sob diferentes sistemas de manejo de solo em Rondonópolis – MT. **Revista Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, p. 1-11. 2011.

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.

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.

FRANCHINI, R. G. **Rotação de culturas com oleaginosas e gramíneas na produção de soja e milho**. 2014. 99f Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS,

FREITAS, M. E. **Rotação e sucessão de culturas com ênfase em oleaginosas de outono-inverno em plantio direto**. 2014. 83f Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

GETINET, A.; SHARMA, S.M. **Níger *Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass. promover a conservação e o uso de culturas subutilizadas e negligenciadas**. Roma: Planta Instituto Internacional de Recursos Genéticos (IPGRI). Usina Instituto Internacional de Recursos Genéticos de 1996 .

GUIDORIZZI, F. V. C. **Acúmulo de macronutrientes e produtividade de genótipos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função da adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. 2016. 69 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

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

HERNANI, L.C.; ENDRES, V.C.; PITOL, C.; SANTON, J.C **Adubação verde de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA – CPAO, 1995. 93p. (EMBRAPA CPAO. Documentos, 4).

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A. Comparação do custo de produção do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) com outras culturas oleaginosas em sistema de plantio. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, p.141-153. 2010.

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.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da Produção de Milho**. CIRCULAR TECNICA 76. EMBRAPA 2006.

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.

MARTIN, T. N.; VENTURINI, T.; API, I.; PAGNONCELLI, A.; VIEIRA, P. A. J. () Perfil do manejo da cultura de milho no sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, Viçosa, 58: p. 1-8. 2011.

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

MENEZES, C. R. J. **Adubação nitrogenada no milho em sucessão à plantas de cobertura sob sistemas de cultivo do solo**. 2016. 65f. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco:

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.

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.

PAULETTI, V.A. Importância da palhada e da atividade biológica na fertilidade do solo. In: Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto, 3., 1999, Cruz Alta. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p. 56-66.

PEREIRA, L. P. L. **Aspectos morfofisiológicos e agrônômicos de plantas de milho em diferentes populações de plantas e direcionamentos de plantio**. 2014. 66f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa –MG.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p.35- 40. 2004.

PERIN, C. SANTOS, R. H. S; CABALLERO, S. S. U; GUERRA, J. G. M; GUSMÃO, L. A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalaria e milheto solteiros . **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.2, p. 274-281. 2010.

PILETTI, L. M. M. S.; SOUZA, L. C. F.; SECRETI, M. L.; BOTTEGA, S. P.; NUNES, D. P.; MONTEIRO, I. P. Efeito de diferentes doses de nitrogênio e culturas Antecessoras no desempenho agrônomo do níger. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.5, p.35-42. 2016.

REPKE, R. A.; CRUS, S. J.S.; MARTINS, M. B.; SENNA, M. S.; FELIPE, J. S.; DUARTE, A. P.; BICUDO, S. J. Altura de planta, altura de inserção de espiga e número de plantas acamada de cinco híbridos de milho. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2012, Águas de Lindoia. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. p. 1940-1943.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Special Report, v. 48, 1993. 26 p.

ROGÉRIO, F.; SILVA, T. R. B.; SANTOS, J. I.; POLETINE, J. P.). Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, n. 41, p. 266-268. 2013.

SILVA, F. A. M.; PINTO, H. S.; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; AFFHOLDER, F. Dinâmica da água nas palhadas de milho, milheto e soja utilizadas em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.717-724. 2006.

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

SOUZA, L. C. F; LUIZ, A. J; PILETTI, L. M. M. S. Características agrônomo do milho em função da cultura antecessora em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.15, n.2, p. 272-280, 2016.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v.65, p.121-127. 2006.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188 p, (Boletim técnico de solos 5).

VIANA, O. H.; SANTOS, R. F.; OLIVEIRA, R. C.; SECCO, D.; SOUZA, S. N. M.; TOKURA, L. K.; SILVA, T. R. B.; GURGACZ, F. Crambe (*Crambe abyssinica* H.) development and productivity under different sowing densities. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 690 – 695. 2015.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Coord.). Curso sobre Adubação Verde no Instituto Agrônomo. Campinas: IAC, 1993. p.17-29. (Documentos IAC, 35)

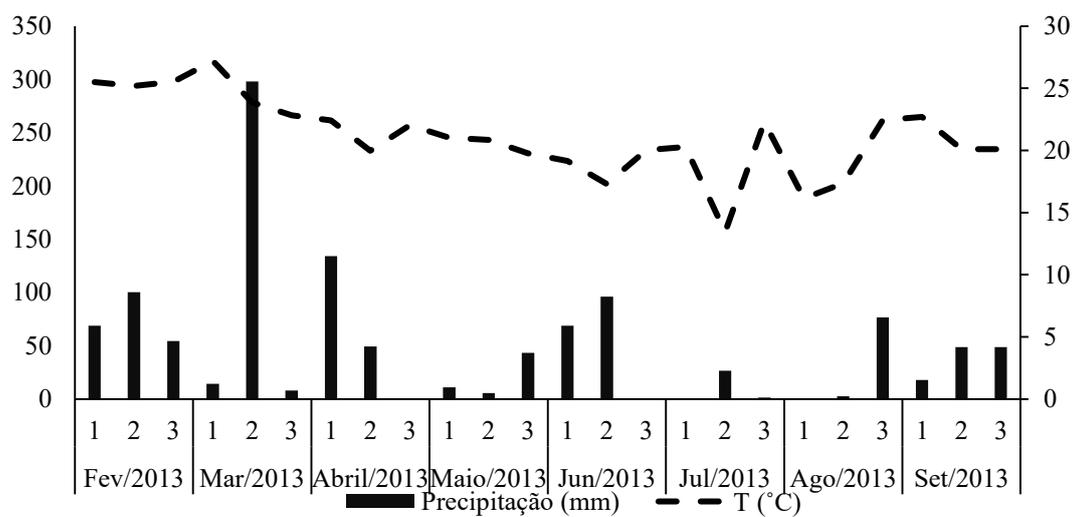
ANEXOS

Anexo 1. Análise química do solo amostrado na profundidade 0-10 cm em setembro de 2012. Dourados, MS. 2016.

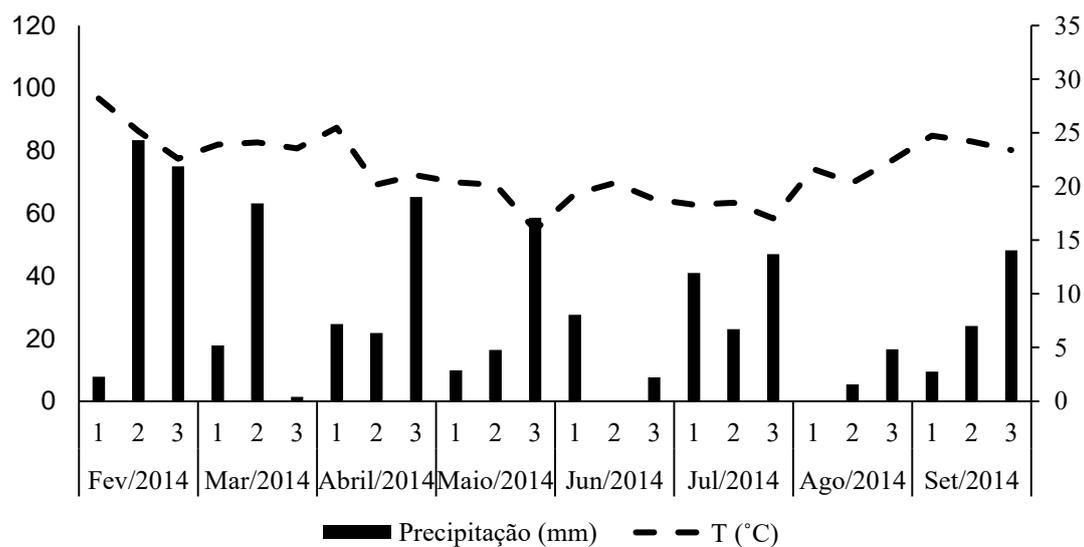
Tratamentos	pH CaCl ₂	Al	Ca	Mg	H+Al	K	P	SB	T	V	M.O.
		(mmol dm ⁻³)					(mmol dm ⁻³)			(%)	(g dm ⁻³)
Pousio/Milho/Pousio	5,86	3,08	61,60	21,46	23,43	4,32	7,69	87,38	110,81	76,58	29,0
Girassol/Soja/Canola	5,48	1,13	46,16	17,06	19,25	4,67	5,15	67,89	87,14	75,69	31,0
Nabo/Soja/Trigo	5,49	0,45	54,32	21,54	28,37	5,35	15,59	81,21	109,59	71,80	38,0
Cártamo/Soja/Nabo	4,85	0,98	49,45	17,29	26,26	6,01	14,98	72,75	99,01	71,78	39,0
Trigo/Soja/Cártamo	5,34	0,53	58,12	23,86	23,94	5,56	11,81	87,53	111,48	76,41	39,0
Crambe/Soja/Crotalária	5,59	1,88	57,66	19,26	24,14	3,88	9,38	80,79	97,54	75,00	29,0
Níger/Soja/Crambe	5,04	0,68	49,92	18,78	32,75	5,09	14,10	73,79	106,55	68,28	37,0
Trigo/Soja/Níger	5,06	0,83	41,38	15,17	26,56	4,07	14,95	60,61	87,17	65,87	36,0
Canola/Soja/Aveia	5,50	0,90	53,91	25,20	18,63	6,70	9,07	85,82	104,45	81,21	27,0
Cártamo/Soja/Ervilhaca	5,55	0,90	56,25	24,69	33,40	4,78	6,60	85,71	119,12	70,14	30,0



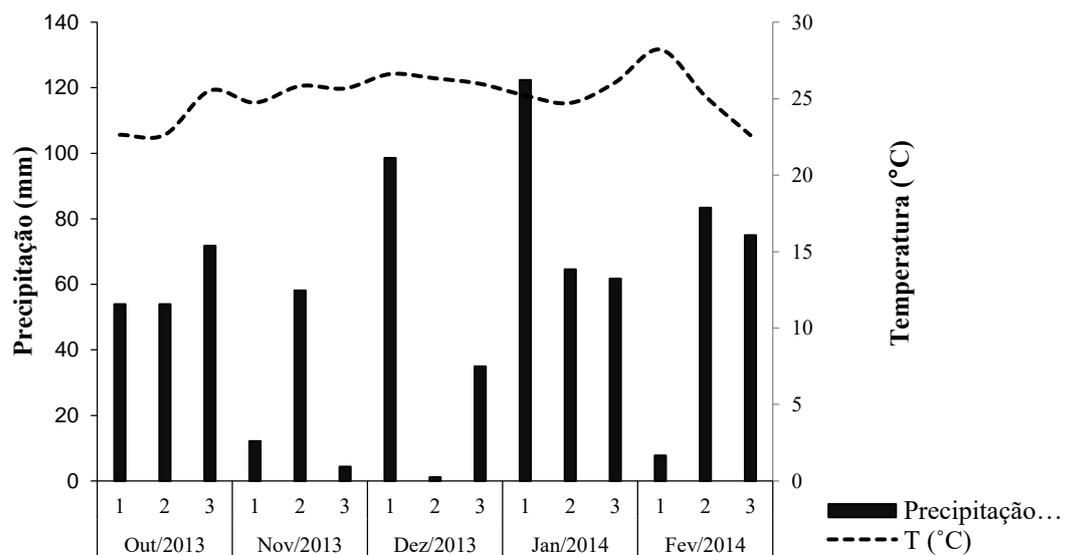
Anexo 2: Imagem aérea do experimento no inverno de 2013, UFGD, Dourados – MS, 2016.



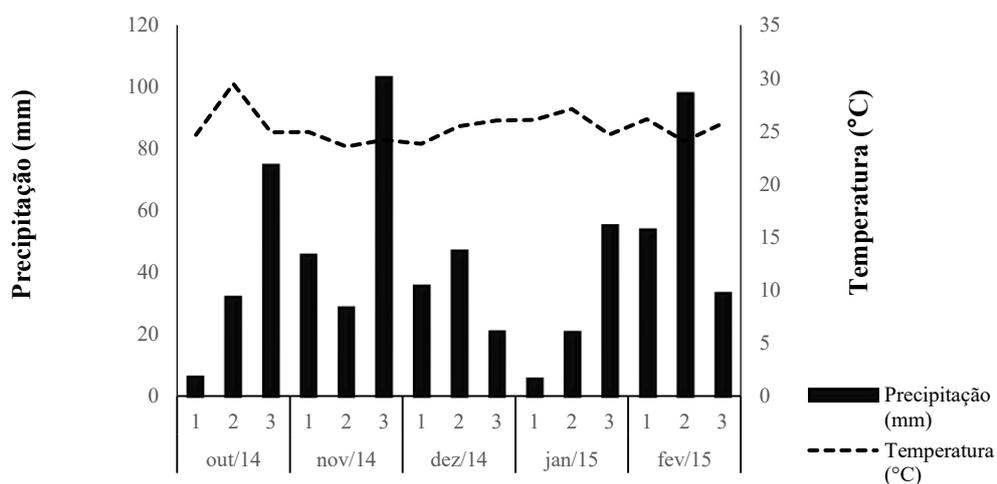
Anexo 3. Precipitação pluvial e temperatura por decêndio no período de fevereiro a setembro de 2013. Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa. Dourados – MS, 2016.



Anexo 4. Precipitação pluvial e temperatura por decêndio no período de fevereiro a setembro de 2014. Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa. Dourados – MS, 2016.



Anexo 5. Precipitação pluvial e temperatura por decêndio no período de outubro de 2013 a fevereiro/2014. Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa. Dourados – MS, 2016.



Anexo 6. Precipitação pluvial e temperatura por decêndio no período de outubro de 2014 a fevereiro/2015. Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa. Dourados – MS, 2016.

CAPÍTULO II: DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito dos sistemas de rotação de culturas sobre desempenho agrônômico da soja. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, Dourados, MS nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15, utilizando o delineamento em blocos casualizados com treze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram das culturas antecessoras: milho solteiro (*Zea mays*), milho em consórcio com *Urochloa ruziziensis*, *Urochloa ruziziensis* solteira, canola (*Brassica napus* L), trigo (*Triticum aestivum*), nabo (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), aveia branca (*Avena sativa*), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), níger (*Guizothia abyssinica*), crambe (*Crambe abyssinica*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*), ervilhaca (*Vicia villosa*) e pousio. A soja foi semeada após a colheita das culturas antecessoras. Na safra 2013/14 houve diferença estatística apenas para produtividade, em que a soja cultivada após pousio apresentou o menor rendimento de grãos. Na safra 2014/15 houve diferença estatística para altura de plantas, em que as maiores alturas de plantas foram encontradas para soja após ervilhaca, aveia, canola, níger, trigo, crotalária, crambe e nabo; na mesma safra houve diferença estatística para produtividade, o tratamento pousio proporcionou menor rendimento de grãos de soja. O pousio no outono-inverno deve ser evitado, pois propicia menor rendimento de grãos de soja. As rotações de cultura influenciam de maneira positiva o rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*, rotação de culturas, culturas oleaginosas.

CHAPTER II: AGRONOMIC PERFORMANCE OF SOYBEAN IN DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS

ABSTRACT

This study aimed to study the effect of crop rotation on the agronomic performance of soybean systems. The experiment was carried out at the Experimental Farm of the Faculty of Agricultural Sciences UFGD, Dourados, MS in agricultural years 2013/14 and 2014/15, managed in a randomized block design with thirteen treatments and four replications. The treatments consisted of previous crops: corn (*Zea mays*), corn intercropping with *Urochloa ruziziensis*, grass brachiaria, canola (*Brassica napus* L.), wheat (*Triticum aestivum*), turnip (*Raphanus sativus* L. var *oleiferus*), oat (*Avena sativa*), safflower (*Carthamus tinctorius* L.), niger (*Guizothia abyssinica*), crambe (*Crambe abyssinica*), (*Crotalaria spectabilis*), vetch (*Vicia villosa*) and fallow. Soybeans were sown after harvesting the previous crops. In the season 2013/14 there was statistical difference only for productivity, where the soybeans grown after fallow had the lowest grain yield. In the season 2014/15 there was statistical difference for plant height, where the greatest heights of plants were found to soybeans after vetch, oats, canola, Niger, wheat, sunn hemp, crambe and turnip; in the same season was no statistical difference in productivity, fallow treatment gave lower yield of soybeans. The fallow in the autumn-winter should be avoided as it provides lower yield of soybeans. The crop rotations influence positively the yield.

Keywords: *Glycine max*, crop rotation, oil crops.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é segundo maior produtor de soja do mundo, atrás apenas dos EUA (USDA, 2016). Na safra 2014/15 foram produzidos 96 milhões de toneladas de soja no País, destes, 7 milhões foram produzidos no Estado de Mato Grosso do Sul (CONAB, 2016). O sistema mais adotado nas regiões produtoras de grãos é a soja semeada no verão e o milho segunda safra no outono-inverno. Deste modo, os agricultores não realizam o sistema plantio direto (SPD) em sua plenitude, que contempla a rotação de culturas, uma vez que o que se realiza é a sucessão ou monocultura.

A adoção de práticas agrícolas não-conservacionistas tem ocasionado a incidência de doenças, pragas e plantas daninhas, aumentando os gastos com mão-de-obra, equipamentos e defensivos (NUNES et al., 2006), um exemplo desses problemas é o aumento na incidência de doença causada pelo nematóide *Pratylenchus* que é favorecido em áreas de sucessão soja/milho, devido não haver no sistema plantas que colaborem na inibição do seu desenvolvimento (MAINARDI, 2013).

A falta ou baixa quantidade de cobertura vegetal pode potencializar o risco de erosões hídricas que, por sua vez, acarreta a diminuição da produtividade e degradação dos solos agrícolas (CARVALHO et al., 2007). Como alternativa para amenizar tais problemas é apontada a adoção do SPD que, ao incluir sistemas de rotação de culturas, pode ser uma forma de manejo viável para, principalmente através do acúmulo de matéria orgânica no solo, minimizar ou eliminar problemas e obter aumentos gradativos e sustentáveis de produtividade com a melhoria da qualidade ambiental (HECKLER e SALTON, 2002).

A utilização de plantas forrageiras tropicais vem sendo muito estudada para aumentar o aporte de palhada no solo e garantir melhorias físicas, químicas e biológicas, de modo a proporcionar, por consequência, aumento na produtividade da cultura principal e do sistema de produção como um todo. A cobertura do solo por palhada é maior no consórcio milho + braquiária (82%) e braquiária solteira (94%) quando comparado ao milho solteiro (30%), (CECCON et al., 2013). Os mesmos autores observaram menor nível de infestação de plantas daninhas em cultivos consorciados ou com forragens solteiras do que no milho solteiro, esses fatores proporcionaram à cultura da soja maiores produtividades quando sucedendo às forragens ou consórcios. Souza et al. (2006) também

observaram que o consórcio milho + braquiária cobre melhor o solo e funciona como barreira física à germinação de plantas daninhas.

Alves et al. (2013) observou que o cultivo de milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* proporciona maior rendimento do milho e melhor desempenho da soja em sucessão. Correia et al. (2013) observaram que o consórcio milho + braquiária beneficiou a população de plantas e a produtividade de grãos de soja semeada em seguida ao consórcio. Freitas et al. (2016) concluíram que plantas como canola, crambe, níger e trigo podem ser cultivadas em rotação com soja sem prejuízos em sua produtividade. Souza et al. (2015) concluíram que a canola, o crambe, o cártamo e o nabo forrageiro podem ser inseridos em sistemas de rotação de culturas com a soja sem prejuízos a cultura principal. Muitos autores têm observado melhor desempenho agrônômico da soja quando cultivada em rotação de culturas com diferentes espécies (CECCON et al., 2013; KRUTZMANN et al., 2013; FERREIRA et al., 2015).

Considerando as opções que existem para serem inseridas em sistemas de produção em rotação com a soja, este trabalho objetivou estudar o desempenho agrônômico da soja cultivada após diferentes culturas antecessoras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados, com coordenadas geográficas 22° 14'S, 54° 49'W e altitude de 458 m. O solo predominante na área experimental é o Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006) apresentando-se com textura argilosa. A análise química do solo a partir de amostragem realizada em setembro de 2012, encontra-se no Anexo 1.

O local em que foi desenvolvido o experimento encontra-se sob sistema de plantio direto (SPD) desde o ano de 2009, quando foi realizada aplicação de calcário e gesso, conforme necessidades apontadas na ocasião por análise de solo. O clima, de acordo com a classificação de Koppen é Am (tropical de monções). A precipitação pluviométrica total anual da região é de 1.400 a 1.500 mm e a temperatura média anual é de 22°C. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 13 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos estão apresentados na Tabela 1. Cada unidade experimental possuía 35 m de comprimento por 15 m de largura, totalizando uma área de 525 m².

Tabela 1. Tratamentos nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15. Dourados, MS, 2016.

Inverno 2013	Verão 2013/14	Inverno 2014	Verão 2014/15
Pousio/Soja/Pousio	Soja	Pousio/Soja/Pousio	Soja
Milho/Soja/Milho	Soja	Milho/Soja/Milho	Soja
M+B/Soja/M+B	Soja	M+B/Soja/M+B	Soja
Canola/Milho/Braquiária	Soja	Girassol/Milho/Canola	Soja
Girassol/Milho/Canola	Soja	Canola/Milho/Braquiária	Soja
Cártamo/Milho/Trigo	Soja	Trigo/Milho/Nabo	Soja
Trigo/Milho/Nabo	Soja	Nabo/Milho/Cártamo	Soja
Nabo/Milho/Cártamo	Soja	Cártamo/Milho/Trigo	Soja
Níger/Milho/Crotalária	Soja	Crotalária/Milho/Crambe	Soja
Trigo/Milho/Crambe	Soja	Crambe/Milho/Níger	Soja

Continua...

...Continuação			
Crambe/Milho/Níger	Soja	Níger/Milho/Crotalária	Soja
Cártamo/Milho/Aveia	Soja	Aveia/Milho/Ervilhaca	Soja
Girassol/Milho/Ervilhaca	Soja	Ervilhaca/Milho/Aveia	Soja

Foram avaliadas duas safras agrícolas, 2013/14 e 2014/15. As rotações com culturas oleaginosas (canola, cártamo, crambe, níger), grãos (trigo, aveia, milho, milho+braquiária), adubos verde (crotalária, ervilhaca e nabo forrageiro) e braquiária solteira ocorreram no outono-inverno de cada safra agrícola e no verão aconteceu a rotação com soja e milho. Foi deixada uma unidade experimental com pousio no outono-inverno e soja no verão em ambas as safras.

Nos Anexos 1 e 2 apresenta-se a precipitação pluvial e temperatura durante o período de outono-inverno do experimento nos anos 2013 e 2014. Nos anexos 3 e 4 apresenta-se a precipitação pluvial e temperatura durante o período de condução do experimento nos referidos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15.

Como os tratamentos constavam das culturas antecessoras, estas foram implantadas no outono-inverno de cada ano agrícola, seguindo recomendações de semeadura e condução para cada espécie. No tratamento em pousio não foi realizada nenhuma semeadura no outono-inverno e inverno e as plantas daninhas foram controladas conforme necessidade apresentada.

No tratamento com milho safrinha (*Zea mays*) foi realizada a semeadura do híbrido simples DKB 390 VT Pro nos dias 27/02/2013 e 19/02/2014 utilizando uma população de 55.000 plantas.ha⁻¹, a adubação utilizada foi de 300 kg ha⁻¹ do formulado 07-20-20 +0,3B + 0,3 Zn. No tratamento milho safrinha + braquiária (*Urochloa ruziziensis*), houve semeadura do mesmo híbrido de milho utilizado para cultivo solteiro, entretanto nas entrelinhas foi semeada a braquiária.

A semeadura de níger (*Guizothia abyssinica*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus*), braquiária (*Urochloa ruziziensis*), trigo (*Triticum aestivum*), aveia (*Avena sativa*), ervilhaca (*Vicia villosa*), canola (*Brassica napus* L) e crambe (*Crambe abyssinica*) foi efetuada no mês de março de cada ano (2013 e 2014), utilizando-se 250 kg ha⁻¹ de 07-20-20 +0,3B + 0,3 Zn na semeadura. Para a semeadura das culturas de outono-inverno, foi utilizada uma semeadora-adubadora com oito linhas, espaçadas entre

si de 0,4 m. A densidade de semeadura utilizada para trigo e aveia foi 60 sementes m^{-1} , para as demais culturas foi utilizada a densidade de 25 sementes m^{-1} . As culturas de outono-inverno foram colhidas de acordo com a maturação fisiológica de cada espécie.

Para a braquiária, o espaçamento entre linhas foi de 0,2 m, com densidade de semeadura de 10 sementes por metro linear.

A cultivar de soja BMX Potência RR[®] foi semeada nos dias 06/10/2013 e 22/10/2014, utilizando-se semeadora-adubadora, modelo pneumático Jumil com sete linhas, espaçadas entre si a 0,45 m; na densidade de semeadura 16 plantas. m^{-1} . A adubação de semeadura foi de 300 kg ha^{-1} do formulado 07-20-20 + 0,3% de B + 0,3% de Zn, as sementes foram inoculadas com o produto comercial Masterfix[®]. O controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida glifosato, na dose de 3 L. ha^{-1} . O controle de percevejos foi feito com o inseticida Tiametoxam + Lambda-Cialotrina dose 200 mL. ha^{-1} .

A palhada foi coletada após a colheita de cada uma das culturas de outono-inverno, coletou-se área conhecida de 0,25 m^2 que foi seca em estufa de circulação forçada com temperatura de 60°C, pesou-se e o valor foi extrapolado para 1 hectare. A palhada seca, foi então, moída e submetida à análise química para determinação dos teores de N, seguindo os procedimentos descritos por BATAGLIA et al. (1983), o C foi determinado pelo método descrito por TEDESCO et al. (1985). Com os dados, foi calculado a relação C/N dos materiais depositados sobre o solo.

A colheita da soja foi realizada em fevereiro de 2013 e 2014, colhendo-se manualmente duas linhas de cinco metros, amostradas ao acaso dentro de cada parcela.

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.

Número de ramificações por planta: Na ocasião da colheita foram escolhidas 5 plantas ao acaso por parcela e contabilizado o número de ramificações por 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.

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).

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

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.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 2013/14 houve diferença significativa ($p < 0,05$) apenas para produtividade de grãos de soja, (Tabela 2). Porém no ano agrícola de 2014/15 houve diferença significativa para altura de plantas e também para a produtividade de grãos de soja (Tabela 3).

Tabela 2. Resumo da Análise de Variância para altura de planta, ramificações por planta, altura de inserção de vagem, número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade de soja em função das culturas antecessoras na safra 2013/14. Dourados – MS, 2016.

Variáveis	Quadrado Médio				
	Bloco	Tratamento	Resíduo	CV	Teste F
Altura de Planta	544,8933	25,1536	30,5677	9,39	0,823 ^{ns}
Ramificações/Planta	2,0584	0,2964	0,5417	26,73	0,547 ^{ns}
Inserção de Vagem	6,6553	1,1241	2,8720	12,91	0,391 ^{ns}
Número de Vagem/Planta	63,8071	75,2165	64,6060	21,45	1,164 ^{ns}
Massa de Mil Grãos	147,0000	70,3142	130,1338	6,49	0,540 ^{ns}
Produtividade de grãos	2694031,1	412890,72	169489,22	15,15	2,436*

Tabela 3. Resumo da Análise de Variância para altura de planta, ramificações por planta, altura de inserção de vagem, número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade de soja em função das culturas antecessoras na safra 2014/15. Dourados – MS, 2016.

Variáveis	Quadrado Médio				
	Bloco	Tratamento	Resíduo	CV	Teste F
Altura de Planta	15,7804	55,2275	15,4158	4,15	3,583*
Ramificações/Planta	0,9659	3,0456	1,8069	34,84	1,688 ^{ns}
Inserção de Vagem	3,0400	8,7366	3,3924	11,29	2,575 ^{ns}
Número de Vagem/Planta	204,8053	403,6859	470,8700	38,53	0,857 ^{ns}
Massa de Mil Grãos	184,0435	116,1313	154,7819	11,04	0,750 ^{ns}
Produtividade de grãos	49710,15	309828,46	206758,9900	19,56	1,499*

3.1 Alturas de planta, inserção de primeira vagem, número de ramificações por planta e número de vagens por planta

Na Tabela 4 estão apresentadas as médias de altura de planta, inserção de primeira vagem, número de ramificações por planta e número de vagens por planta obtidos na safra 2013/14, não foram significativas estatisticamente e na safra 2014/15, em que houve diferença estatística apenas para altura de plantas.

Tabela 4: Altura de Planta, altura de inserção de vagem, número de ramificações por planta, número de vagens por planta soja submetido a diferentes culturas antecessoras, safras 2013/14 e 2014/15. Dourados, MS, 2016.

Cultura Antecessora	Altura de Planta (cm)	Inserção Vagem (cm)	Ramificações (n^o)	Vagens por Planta (n^o)
2013/14				
Aveia	57,6 ^{ns}	12,2 ^{ns}	2,9 ^{ns}	42,4 ^{ns}
Braquiária	65,3	13,9	3,5	41,7
Crotalária	59,3	13,0	2,5	35,7
Canola	59,4	13,9	2,7	42,8
Cártamo	60,7	13,0	2,4	37,7
Crambe	59,1	13,3	2,8	42,6
Ervilhaca	59,4	11,9	3,0	37,9
Milho+Braquiária	57,8	12,5	2,6	30,9
Milho	53,7	13,2	2,9	41,7
Nabo	56,7	13,3	2,3	32,5
Níger	59,5	13,8	2,9	33,3
Pousio	55,3	13,3	2,5	27,9
Trigo	61,6	13,1	2,9	40,0
CV (%)	9,0	12,0	26,0	21,0
2014/15				
Aveia	101,08 a	19,2 ^{ns}	3,1 ^{ns}	39,4 ^{ns}
Braquiária	90,66 b	19,3	5,9	53,0
Crotalária	95,50 a	13,8	3,0	51,6
Canola	97,83 a	16,2	4,9	62,4
Cártamo	88,16 b	17,5	3,7	45,7
Crambe	94,83 a	14,9	2,9	52,4
Ervilhaca	101,33 a	16,3	3,7	47,2
Milho+Braquiária	93,00 b	16,6	5,0	58,0
Milho	89,75 b	14,9	3,1	50,6
Nabo	94,66 a	16,4	3,6	57,0
Níger	97,41 a	17,2	2,8	48,0
Pousio	89,08 b	15,7	5,0	53,0
Trigo	95,58 a	14,1	3,4	55,8
CV (%)	4,15	11,0	34,0	23,9

^{ns} Não diferem entre si pela teste F ($p < 0,05$). ¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A estatura da planta é uma importante característica. Pode ser um dos fatores que favorecem o acamamento e está intrinsecamente ligado às condições genéticas da planta, ao ambiente de cultivo e população de plantas (SOUZA et al., 2013). A cultivar BMX Potência RR 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 plantas alcançada no experimento, no entanto, foi menor do que a média dos ensaios conduzidos pela empresa detentora da cultivar em ambas as safras.

A altura de inserção de primeira vagem apresentou-se maior do que 10 cm para todos os tratamentos em ambas as safras, altura que favorece a colheita mecanizada evitando perdas (SEDIYAMA et al., 1985). A altura de planta, altura de inserção de vagens e o número de ramificações por planta é uma característica genética do cultivar, que pode ser influenciado pelo ambiente, principalmente pela fertilidade do solo e pelas condições climáticas (MANCIN et al., 2009).

O número de ramificações por planta é influenciado pela população utilizada, sendo inversamente proporcional ao número de plantas por área (ROCHA et al., 2001). Como no experimento foi utilizada a mesma população de plantas e mesma cultivar para todos os tratamentos, não houve diferenças estatísticas no número de ramificações por planta para nenhum dos anos agrícolas.

Em 2014/15 houve diferença significativa para altura de plantas de soja. As maiores alturas foram encontradas quando a soja foi semeada após ervilhaca, aveia, canola, níger, trigo, crotalária, crambe e nabo. As menores alturas para milho+braquiária, braquiária, milho, pousio e cártamo.

3.2 Massa de mil grãos e Produtividade

Na Tabela 6 são apresentadas a massa de mil grãos e produtividade nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15, respectivamente.

Tabela 6. Massa de mil grãos e produtividade de grãos de soja submetido a diferentes culturas antecessoras nas safras 2013/14 e 2014/15. Dourados – MS, UFGD, 2016.

Cultura Antecessora	Massa de Mil Grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
		2013/14
Aveia	180,60 ^{ns}	2.892 a
Braquiária	177,40	3.135 a
Canola	178,60	2.955 a
Crotalária	178,00	2.894 a
Cártamo	185,10	2.846 a
Crambe	173,10	2.753 a
Ervilhaca	169,60	2.748 a
Milho + Braquiária	170,20	2.787 a
Milho	170,30	2.790 a
Nabo	173,40	2.846 a
Níger	179,80	2.725 a
		Continua...

...Continuação		
Pousio	170,80	1.809 b
Trigo	176,90	2.825 a
CV (%):	6,00	15,15
Cultura Antecessora	2014/15	
Aveia	150,10 ^{ns}	2.897 a
Braquiária	159,57	2.912 a
Canola	151,78	2.635 a
Crotalária	143,41	2.424 a
Cártamo	136,30	2.575 a
Crambe	153,47	2.451 a
Ervilhaca	168,68	2.866 a
Milho + Braquiária	164,23	2.814 a
Milho	149,82	2.862 a
Nabo	148,44	2.489 a
Níger	149,65	2.416 a
Pousio	162,82	1.988 b
Trigo	161,61	2.666 a
CV (%)	11,04	19,56

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

^{ns} Não diferem entre si pela teste F (p<0,05)

A massa de mil grãos não foi afetada significativamente pelos diferentes tratamentos em nenhuma das safras. Oliveira et al. (2013) também não encontraram diferença na massa de mil grãos de soja sob diferentes culturas antecessoras. A massa de mil grãos é determinada pela genética da variedade, mas pode sofrer influência do ambiente (PANDEY; TORRIE, 1973).

Nos anos agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, houve diferença de produtividade somente quando a soja foi semeada em sucessão ao tratamento pousio, diferindo das demais rotações de cultura (Tabela 6).

Na safra 2013/14 a produtividade média de soja no Estado de Mato Grosso do Sul foi de 2.900 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016). A média do estado foi superior às produtividades obtidas neste experimento, com exceção da soja cultivada após a canola e braquiária que apresentaram produtividade média maior do que a média do Estado. Nas duas safras consecutivas, a soja após braquiária apresentou produtividade satisfatória, 3.135 kg ha⁻¹ e 2.912 kg ha⁻¹, respectivamente, não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, no entanto.

Ferrari Neto (2016) comparando diferentes sistemas de produção entre eles forrageiras do gênero *Brachiaria*, pousio e milho safrinha/soja, observou maior quantidade de matéria seca, carbono da biomassa microbiana do solo e carbono mineralizável na camada superficial do solo no tratamento com forrageiras do gênero *Brachiaria*. O mesmo autor observou maior teor de matéria orgânica para o tratamento com a forrageira; pode ter havido maior acréscimo de matéria orgânica pelas raízes das forrageiras, pois as pastagens possuem a maior parte do C armazenado abaixo da superfície do solo (LAL, 2002).

Costa et al. (2010) estudando diferentes forrageiras em consórcio com o milho e milho solteiro, observaram que o consórcio além da maior produção de palhada também proporcionou maior rendimento de grãos de soja. A *B. ruziziensis* é uma boa alternativa de forrageira quando objetiva-se a produção de palhada para o sistema de produção (LAMAS, 2008; MACHADO; ASSIS, 2010). Wendling et al. (2005) observaram que os resíduos de forrageiras como o tifton (*Cynodon* spp.) favorecem o aumento de carbono orgânico total principalmente nas camadas inferiores do solo devido à alta massa seca de raízes.

Uma alternativa que tem sido amplamente estudada é o consórcio de milho + *B. ruziziensis*, no presente experimento a produtividade de soja após o consórcio não diferiu significativamente das demais culturas antecessoras, mas diferiu do pousio. O agricultor pode optar por esta alternativa, haja vista que pode comercializar os grãos de milho produzidos na safrinha e promover maior aporte de palhada ao sistema com o uso da planta forrageira nas entrelinhas. Muitos autores têm relatado maiores produtividades de soja quando antecedida por consórcio de milho e forrageiras, em destaque a *B. ruziziensis* (COSTA et al., 2010; ALVES et al., 2013; KRUTZMANN et al., 2013).

Nas duas safras estudadas observou-se produtividades estatisticamente iguais de soja após milho solteiro (2.790 kg ha⁻¹ e 2.862 kg ha⁻¹) e após milho + braquiária (2.787 kg ha⁻¹ e 2.814 kg ha⁻¹). Estes dados demonstram que é possível inserir a forrageira no sistema de cultivo sem prejuízo à produtividade da cultura de verão, com maior aporte de palhada ao sistema e relação C/N elevada, o que favorece a permanência da palhada sobre o solo (Tabela 7). Plantas com relação C/N alta apresentam decomposição mais lenta e promovem maior cobertura do solo no decorrer do tempo quando comparadas a plantas com relação C/N mais baixa (ANDREOLA et al., 2000; PERIN et al., 2004).

A aveia, cártamo, crotalária, nabo forrageiro e braquiária apresentaram valores de palhada superior a 6.000 kg ha⁻¹ de fitomassa seca, considerado por Alvarenga et al., (2001), como a quantidade mínima ideal de palhada, para cobertura do solo no sistema de plantio direto.

Tabela 7. Produção média de fitomassa seca após a colheita das culturas de outono-inverno e Relação C/N. Dourados, MS, 2016.

Amostra	Palhada (Mg.ha⁻¹)	Relação C/N
Níger	4,20	20,0
Canola	3,70	20,0
Ervilhaca	5,15	13,5
Nabo	6,10	22,0
Crambe	4,80	14,0
Crotalária	6,10	13,0
Cártamo	6,20	30,0
Trigo	5,08	29,0
Aveia	6,00	32,0
Braquiária	7,50	35,0
Milho	5,17	53,0
Milho + Braquiária	5,61	48,0

O pousio proporcionou a menor produtividade do experimento em ambos os anos agrícolas. Os resíduos vegetais deixados pelas culturas antecessoras melhoram a física, química e biologia do solo. Andreola et al. (2000) destaca que as práticas que envolvem a cobertura vegetal auxiliam no controle da erosão e, na maioria dos casos, melhoram a disponibilidade de nutrientes para a cultura subsequente.

Almeida et al. (2008) estudando diferentes culturas antecessoras e pousio também encontraram maiores produtividades de soja quando utilizadas culturas na entressafra, tendo obtido maior produtividade quando a soja foi antecedida por crotalária (2.385 kg ha⁻¹). Genro Junior et al. (2009) encontraram influência significativa na produtividade de soja quando a crotalária foi inserida no sistema de rotação composto ainda pelas culturas: trigo, aveia, milho e soja.

Freitas et al. (2016) em seu estudo com diferentes culturas antecessoras (milho, milho + braquiária, nabo, trigo, girassol, crambe, níger, canola e pousio) não observaram diminuição de produtividade de soja para nenhuma das culturas antecessoras, embora os tratamentos não tenham diferido entre si e também não diferiram do pousio.

No mesmo estudo os autores observaram maior número de vagens por planta no sistema de rotação com canola antecedendo a soja.

Os sistemas de produção com maior diversidade de plantas aumenta o conjunto de micro-organismos, demonstrando a importância da diversidade de plantas para o aumento da comunidade microbiana do solo (VIEIRA et al., 2016). Estes sistemas podem trazer benefícios ao sistema de produção a médio e longo prazo.

4. CONCLUSÕES

A rotação de culturas proporciona maiores produtividades à cultura da soja. As culturas antecessoras avaliadas podem integrar sistemas de produção com benefícios aos componentes do rendimento e sem ocasionar baixas produtividades à soja. O cultivo da soja após braquiária ou consórcio milho + braquiária pode proporcionar benefícios à produtividade do sistema a médio e longo prazo. O pousio no outono-inverno proporciona menor produtividade à cultura da soja no verão, e, portanto, deve ser evitado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, S. A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em LATOSSOLO VERMELHO de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1227-1237. 2008.
- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36. 2001.
- ALVES, V. B.; PADILHA, N. S.; GARCIA, R. A.; CECCON, G. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p. 280-292. 2013.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.867-874. 2000.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 2009. 395p.
- CARVALHO, R.; SILVA, M.L.N.; AVANZI, J.C.; CURTI, N.; SOUZA, F.S. de. Erosão hídrica em Latossolo Vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de Minas Gerais. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, p.1679-1687. 2007.
- CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. Z.; NUNES, D. P.; ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 204-212. 2013
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6. 2003.
- CONAB, 2016. Companhia Nacional de Abastecimento. **4º levantamento de safra**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 25 abril 2016.
- CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. CONSÓRCIO DE MILHO COM *Urochloa ruziziensis* E OS EFEITOS NA CULTURA DA SOJA EM ROTAÇÃO **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 65-76. 2013.

COSTA, J. A. A.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ZIMMER, A. H. Produtividade de Soja Semeada em Palhada de Capins Cultivados em Consórcio com Milho na Safrinha. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28., 2010, Goiânia. **Anais...Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, p. 2306 – 2311. 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 306 p

FERRARI NETO, J. **Qualidade física e química do solo em função do sistema de produção e da aplicação superficial de silicato e calcário em experimento de longa duração**. 2016. 184 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

FERREIRA, G. A.; OLIVERIA, P. S. R.; ALVES, S. J.; COSTA, A. C. T. Soybean productivity under different grazing heights of *Urochloa ruziziensis* in an integrated crop-livestock system. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 755-763. 2015.

FREITAS, M. E. **Rotação e sucessão de culturas com ênfase em oleaginosas de outono-inverno em plantio direto**. 2014. 83f Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

FREITAS, M. E.; SOUZA, L. C. F.; SALTON, J. C.; SERRA, A. P.; MAUAD, M.; CORTEZ, J. W.; MARCHETTI, M. E. Crop rotation affects soybean performance in no-tillage system under optimal and dry cropping seasons. **Australian Journal of Crop Science**, Sydney, v. 10, n. 3, p. 353-361. 2016.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1. 2009.

GETINET, A.; SHARMA, S.M. **Níger *Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass. promover a conservação e o uso de culturas subutilizadas e negligenciadas**. Roma: Planta Instituto Internacional de Recursos Genéticos (IPGRI) ; Usina Instituto Internacional de Recursos Genéticos de 1996 .

GUIDORIZZI, F. V. C. **Acúmulo de macronutrientes e produtividade de genótipos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em função da adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. 2016. 69 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

HECKLER, J. C.; SALTON, J. C. **Palha: fundamento do Sistema Plantio Direto**. Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 26 p. Dourados.

KRUTZMANN, A.; CECATO, U.; SILVA, P. A.; TORMENA, C. A.; IWAMOTO, B. S.; MARTINS, E. N. Palhadas de gramíneas tropicais e rendimento da soja no sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 842-851. 2013.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, Amsterdam, v. 116, p. 353-362. 2002.

LAMAS, F.M. **Alternativas de cobertura do solo para a cultura do algodoeiro em Sistema Plantio Direto**. Revista Plantio Direto, edição 103, janeiro/fevereiro de 2008. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS. Disponível em http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=844. Acesso em 10 out 2016.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.4, p.415-422. 2010.

MAINARDI, J. T. **Reação de espécies vegetais a *Pratylenchus brachyurus***. 2013, 47 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.

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

NUNES, U. R.; ANDRADE, V. C. J.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.943-948. 2006.

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J. Soybean growth and yield under cover crops. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.2, p. 249-256. 2013.

PACHECO, L. P.; PETTER, F. A. Benefits of Cover Crops in Soybean Plantation in Brazilian Cerrados. In: Tzi Bun Ng. (Ed.). Soybean - Applications And Technology. Rijeka: InTech, 2011, p. 67-94.

PANDEY, J. P.; TORRIE, J. H. Path coefficient analysis of seed yield componentes in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **Crop Science**, Madison, v. 13 n. 5, p. 505-507. 1973.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p.35- 40. 2004.

PILETTI, L. M. M. S.; SOUZA, L. C. F.; SECRETTI, M. L.; BOTTEGA, S. P.; NUNES, D. P.; MONTEIRO, I. P. Efeito de diferentes doses de nitrogênio e culturas Antecessoras no desempenho agrônômico do níger. **Journal of Agronomic Sciences Umuarama**, v.5, p.35-42. 2016.

ROCHA, R. N. C.; PELUZIO, J. M.; BARROS, H. B.; FIDELIS, R. R.; SILVA JUNIOR, H. P. Comportamento de cultivares de soja em diferentes populações de plantas em Gurupi, Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 48, n. 279, p. 529 – 537. 2001.

ROGÉRIO, F.; SILVA, T. R. B.; SANTOS, J. I.; POLETINE, J. P.). Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, n. 41, p. 266-268. 2013.

SANTOS, E. **Carbono, nitrogênio e relação c/n em Gleissolo e Cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da floresta ombrófila densa. Antonina, PR.** 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado: Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L.L. **Cultura da soja.** Parte I, Viçosa: UFV, 1985.

SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C. A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.4, p.657-668. 2006.

SOUZA, C. M. PIRES, F. R. PARTELLI, F. L. ASSIS, R. L. **Adubação verde e rotação de culturas.** Viçosa, MG. Ed. UFV, 2012. 108 p.

SOUZA, C. A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; CASA, R. T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 634-643. 2013.

SOUZA, L. C. F.; PEDROSO, F. F.; PILETTI, L. M. M. S.; SECRETTI, M. L.; DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA EM SUCESSÃO DE CULTURAS COM ESPÉCIES DE OLEAGINOSAS. **Revista Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, p.112-126. 2015.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188 p, (Boletim técnico de solos 5).

VIEIRA, A. O.; CAMPOS, D. T. S.; GUIMARÃES, S.; KAPPES, C. Diversidade de culturas altera a abundância de microorganismos do solo. **Ciência e Tecnologia: FATEC-JB**, Jaboticabal, v. 8, 2016.

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE), World corn supply and use. **World agricultural supply and demand estimates.** Disponível em: <<http://usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>> Acesso em: 21 mai. 2016.

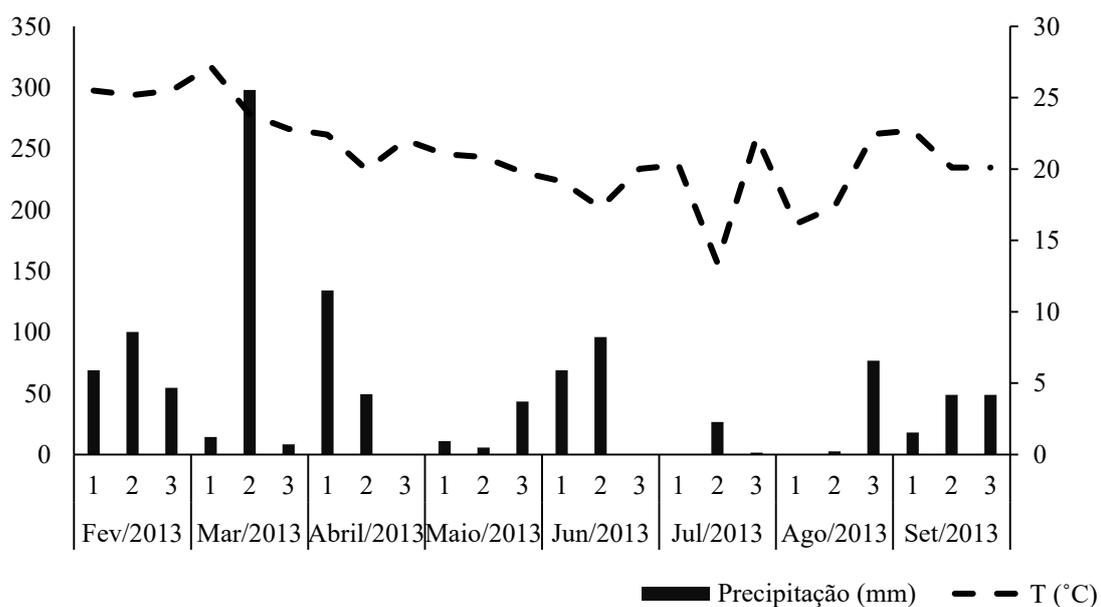
VIANA, O. H.; SANTOS, R. F.; OLIVEIRA, R. C.; SECCO, D.; SOUZA, S. N. M.; TOKURA, L. K.; SILVA, T. R. B.; GURGACZ, F. Crambe (*Crambe abyssinica* H.) development and productivity under different sowing densities. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 690 – 695. 2015.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.487-494. 2005.

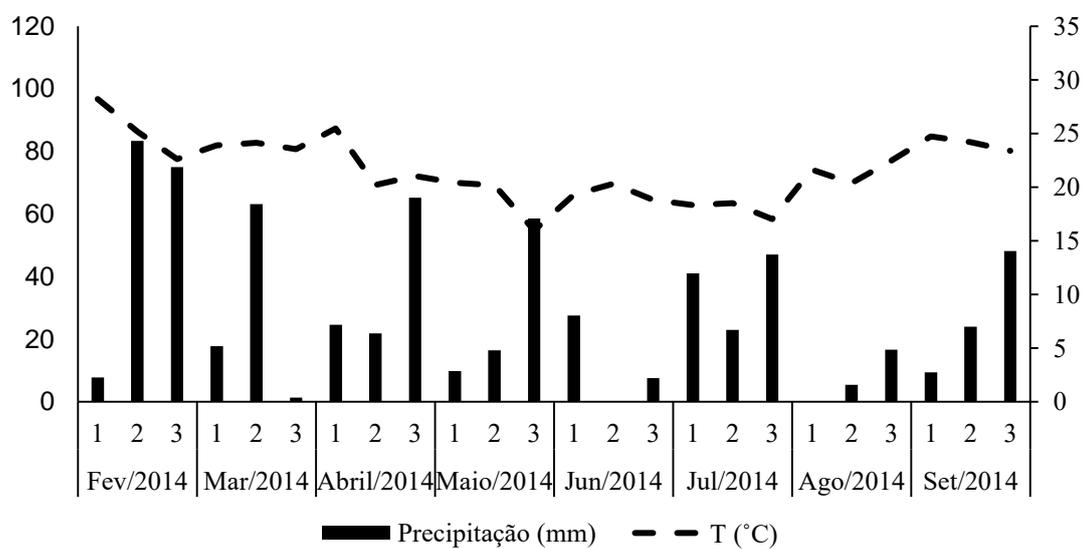
ANEXOS

Anexo 1. Análise química do solo amostrado na profundidade 0-10 cm em setembro de 2012. Dourados, MS. 2016.

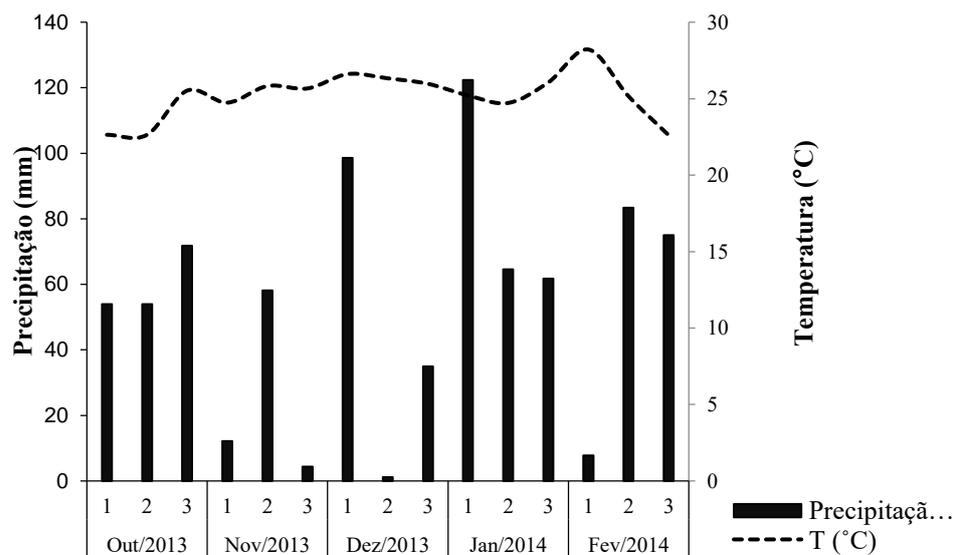
Tratamentos	pH CaCl ₂	Al	Ca	Mg	H+Al	K	P	SB	T	V	M.O.
			(mmol dm ⁻³)				(mg dm ⁻³)	(mmol dm ⁻³)		(%)	(g kg ⁻¹)
Pousio	5,42	1,58	55,69	18,54	19,11	4,28	14,76	78,51	97,63	78,95	25,4
Milho	5,54	1,58	49,24	15,79	19,25	4,33	12,56	69,36	88,61	76,43	26,9
Milho+Braquiária	5,23	1,88	45,46	15,42	19,53	4,27	14,35	65,15	84,68	74,40	27,5
Braquiária	5,51	1,20	45,27	18,13	18,34	4,96	3,63	68,37	86,71	74,72	28,3
Canola	5,03	0,75	57,53	21,01	24,69	5,51	14,58	84,05	108,74	75,83	29,5
Trigo	4,85	0,98	49,45	17,29	26,26	6,01	14,98	72,75	99,01	71,78	31,8
Nabo	5,34	0,53	58,12	23,86	23,94	5,56	11,81	87,53	111,48	76,41	29,7
Cártamo	5,49	0,45	54,32	21,54	28,37	5,35	15,59	81,21	109,59	71,80	30,7
Crotalária	5,04	0,68	49,92	18,78	32,75	5,09	14,10	73,79	106,55	68,28	29,9
Níger	5,06	0,83	41,38	15,17	26,56	4,07	14,95	60,61	87,17	65,87	29,7
Crambe	5,59	1,88	57,66	19,26	24,14	3,88	9,38	80,79	97,54	71,45	27,8
Aveia	5,55	0,90	56,25	24,69	33,40	4,78	6,60	85,71	119,12	70,14	27,4
Ervilhaca	5,50	0,90	53,91	25,20	18,63	6,70	9,07	85,82	104,45	81,21	30,4



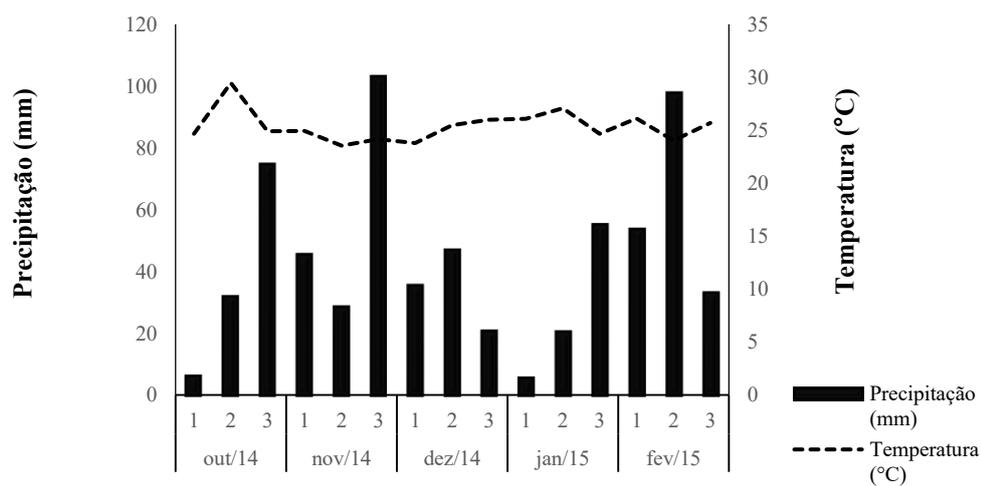
Anexo 2. Precipitação pluvial e temperatura por decêndio no período de fevereiro a setembro de 2013.
Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa. Dourados – MS, 2016.



Anexo 3. Precipitação pluvial e temperatura por decêndio no período de fevereiro a setembro de 2014.
Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa. Dourados – MS, 2016.



Anexo 4. Precipitação pluvial e temperatura por decênio no período de outubro de 2013 a fevereiro/2014. Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa. Dourados – MS, 2016.



Anexo 5. Precipitação pluvial e temperatura por decênio no período de outubro de 2014 a fevereiro/2015. Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa. Dourados – MS, 2016.