

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**ROTAÇÃO DE CULTURAS COM OLEAGINOSAS E GRAMÍNEAS NA  
PRODUÇÃO DE SOJA E MILHO.**

**ROGÉRIO GUERINO FRANCHINI**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2014**

**ROTAÇÃO DE CULTURAS COM OLEAGINOSAS E GRAMÍNEAS NA  
PRODUÇÃO DE SOJA E MILHO.**

**ROGÉRIO GUERINO FRANCHINI**  
Engenheiro Agrônomo

**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 a obtenção do título de Doutor.

**DOURADOS**  
**MATO GROSSO DO SUL**  
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

F817r	Franchini, Rogério Guerino. Rotação de culturas com oleaginosas e gramíneas na produção de soja e milho. / Rogério Guerino Franchini. - Dourados, MS : UFGD, 2014. 99f.  Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.  1. Rotação de Culturas. 2. Biodiesel. 3. Plantas Oleaginosas. I. Título.  CDD 662.669
-------	--

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

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

**ROTAÇÃO DE CULTURAS COM OLEAGINOSAS E GRAMÍNEAS NA  
PRODUÇÃO DE SOJA E MILHO.**

Por

**ROGÉRIO GUERINO FRANCHINI**

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos  
requisitos exigidos para obtenção do título de DOUTOR EM AGRONOMIA

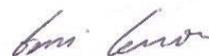
Aprovada em: 25 de fevereiro de 2014.



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



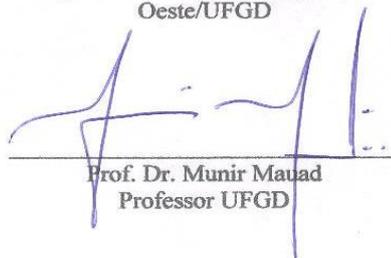
Dr. Julio Cesar Salton  
Pesquisador Embrapa Agropecuária  
Oeste



Prof. Dr. Gessi Ceccon  
Pesquisador Embrapa Agropecuária  
Oeste/UFGD



Dr. Renato Roscoe  
Pesquisador Fundação MS



Prof. Dr. Munir Mauad  
Professor UFGD

## DEDICO

*Ao Meu Pai ADEMIR (in memoriam), pequeno agricultor, e formado pela vida, pelas dificuldades enfrentadas em proporcionar estudos a mim e meus irmãos. Apesar do tempo essa conquista também é dele.*

*“ SEI QUE ONDE ESTIVER ME PROTEGERÁ...”.*

Minha Mãe Antônia, obcecada pelo conhecer, saber e fazer, através da escola e do estudo

*MEU AMOR E GRATIDÃO POR ME PERMITIREM A GRAÇA DO  
NASCIMENTO E PELA LUTA ABNEGADA AOS SEUS FILHO, QUE  
INCANSAVELMENTE EMBALARAM CADA SONHO, LAPIDARAM  
COM SABEDORIA E SUTILEZA MINHA PERSONALIDADE,  
APOIARAM CADA PROJETO, REVERTERAM PROBLEMAS,  
TORCERAM PARA QUE MEUS OBJETIVOS FOSSEM  
ALCANÇADOS, MEU ETERNO,  
“OBRIGADO”.*

A Mariza, pelo apoio e companheirismo ao longo desse período.

A todos “Ofereço essa conquista, com o mais profundo amor, admiração e respeito”.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por estar sempre ao meu lado, dando-me força para enfrentar os desafios que a vida nos impõe.

Aos meus pais Ademir e Antônia que sempre torceram por mim. Por sempre terem ensinado a valorizar o conhecimento e a nunca desistir.

A Mariza minha namorada pelo carinho, amor e companheirismo, para enfrentar todas as barreiras dessa trajetória. Obrigado por estar ao meu lado e me fazer acreditar que sou melhor do que penso ser.

Ao meu filho Gabriel pela compreensão da ausência, e pela força dada.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza, pela orientação, incentivo, e apoio para o desenvolvimento das minhas pesquisas.

Ao grande colega, o melhor, Antônio Ayrton Morceli, pelo companheirismo, questionamentos, sugestões, etc.

Aos meus verdadeiros amigos e também aos colegas que estiveram presentes no decorrer da minha pós-graduação, pelo companheirismo, apoio e compreensão em minhas ausências.

À FUNDECT pelo apoio financeiro no início do doutorado.

À Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural - AGRAER, pela oportunidade dada e pelo incentivo e compreensão de minhas ausências que foram imprescindíveis para a conclusão desta tese.

A Universidade Federal da Grande Dourados pela oportunidade de realização desta pesquisa.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

Lista de tabelas - Capítulo I.....	vii
Lista de figuras - Capítulo I.....	viii
Lista de anexo - Capítulo I.....	ix
Lista de tabelas - Capítulo II.....	x
Lista de figuras - Capítulo II.....	xi
Lista de anexo - Capítulo II.....	xii
Lista de tabelas - Capítulo III.....	xiii
Lista de figuras - Capítulo III.....	xiv
Lista de gráficos - Capítulo III.....	xv
Lista de anexo - Capítulo III.....	xvi
<b>ROTAÇÃO DE CULTURAS COM OLEAGINOSAS E GRAMÍNEAS NA PRODUÇÃO DE SOJA E MILHO.....</b>	<b>ii</b>
Introdução Geral.....	ii
Bibliografia.....	vi
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>ix</b>
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
Material e Métodos.....	xiv
Resultados e Discussão.....	xx
Conclusões.....	xxxii
Bibliografia.....	xxxii
<b>DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO.....</b>	<b>xxxviii</b>
Resumo.....	xxxix
Abstract.....	xl
Introdução.....	xli
Material e Métodos.....	xliv
Resultados e Discussões.....	xlvi
Conclusões.....	l
Bibliografia.....	li
<b>DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO.....</b>	<b>lv</b>
Resumo.....	lvi
Abstract.....	lvii
Introdução.....	lviii
Material e métodos.....	lx
Resultados e Discussões.....	lxiii
Conclusões.....	lxxvi
Bibliografia.....	lxxvii

**Lista de tabelas - Capítulo I**

- Tabela 1. Sistemas de rotação e sucessão de culturas com espécies de verão, outono/inverno e primavera com ênfase para soja, no período de Outono/2010 a Verão 2013. 33
- Tabela 2. Valores médios das variáveis: Fitomassa seca das culturas antecessora ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), altura de planta (cm), número de vagens por planta, número de ramificações por planta, inserção da primeira vagem (cm) em função das culturas antecessoras. Ano agrícola 2011/2012. 36
- Tabela 3. Valores médios das variáveis: Fitomassa seca das culturas antecessora ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), altura de planta (cm), número de vagens por planta, número de ramificações por planta, inserção da primeira vagem (cm), massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da cultura da soja em função das culturas antecessoras. Ano Agrícola 2012/2013 - Ponta Porã – MS, 2013. 39
- Tabela 4. Valores médios da massa de 100 grãos (g), produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e produtividade relativa (%) para a cultura da soja, da cultura da soja em função das culturas antecessoras. Ano Agrícola 2011/2012. 41
- Tabela 5. Valores médios da massa de 100 grãos (g), produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e produtividade relativa (%) para a cultura da soja, da cultura da soja em função das culturas antecessoras. Ano Agrícola 2012/2013 - Ponta Porã – MS, 2013. 42

**Lista de figuras - Capítulo I**

- Figura 1. Precipitação pluvial (mm) acumulada por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2010/11) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS). Fonte: Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS. 30
- Figura 2. Precipitação pluvial (mm) acumulada por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2011/12) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS). Fonte: Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS. 31
- Figura 3. Precipitação pluvial (mm) acumulada por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2012/13) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS). Fonte: Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS. 31

**Lista de anexo - Capítulo I**

Anexo 1. Valores médios dos atributos químicos do solo para cada Sistema de Rotação de culturas, no ano de 2013.	51
Anexo 2. Análises de variância de produtividade, altura de planta, inserção da primeira vagem, massa seca, massa de mil grãos e peso hectolitro da cultura da soja em função das culturas oleaginosas antecessoras. Ano Agrícola 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013.	51
Anexo 3. Análises de variância de produtividade, altura de planta, inserção da primeira vagem, massa seca, massa de mil grãos e peso hectolitro da cultura da soja em função das culturas oleaginosas antecessoras. Ano Agrícola 2012/2013 - Ponta Porã – MS, 2013.	52

**Lista de tabelas - Capítulo II.**

- Tabela 1. Sistemas de rotação e sucessão de culturas com espécies de verão, outono/inverno e primavera com ênfase para soja, no período de Outono/2010 a Verão 2013. 60
- Tabela 2. Valores médios das variáveis: produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), altura de planta (cm), massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), inserção da espiga (cm) e massa de mil grãos (g) da cultura do Milho em função das culturas oleaginosas antecessoras. Ano Agrícola 2010/2011. 63

## Lista de figuras - Capítulo II

- Figura 1. Precipitação pluvial (mm) por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2010/11) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS. Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS. 59

**Lista de anexo - Capítulo II**

- Anexo 1. Análises de variância de produtividade, altura de planta, inserção da primeira vagem, massa seca, massa de mil grãos e peso hectolitro da cultura do milho em função das culturas oleaginosas antecessoras. Ano Agrícola 2010/2011 - Ponta Porã – MS, 2013. 69

**Lista de tabelas - Capítulo III**

Tabela 01 - Valores médios da produção de fitomassa seca da parte aérea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nos anos agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12. Ponta Porã – MS, 2013.	79
Tabela 2 - Valores médios da altura de plantas (cm), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nas safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12. Ponta Porã – MS, 2013.	81
Tabela 3 - Valores médios da produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nas safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12. Ponta Porã – MS, 2013.	83
Tabela 4 - Valores médios da massa de 1000 sementes (g), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nas safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12. Ponta Porã – MS, 2013.	87
Tabela 5 - Valores médios do peso hectolitro (g), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nos anos agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12. Ponta Porã – MS, 2013.	88
Tabela 6 - Valores médios dos teores de óleo (%), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nas safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12. Ponta Porã – MS, 2013.	90

**Lista de figuras - Capítulo III**

- Figura 1. Pluviosidade (mm) acumulada por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2009/10) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS. Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS. 76
- Figura 2. Pluviosidade (mm) acumulada por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2010/11) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS. Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS.. 76
- Figura 3. Pluviosidade (mm) por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2011/2012) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS. Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS. 77

**Lista de gráficos - Capítulo III**

Gráfico 1 - Média da produção de fitomassa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.	80
Gráfico 2 - Média das alturas de plantas (cm) das safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.	83
Gráfico 3 - Média das produtividades ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.	84
Gráfico 4 - Média das massas de 1000 sementes (%) das safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.	88
Gráfico 5 - Média dos pesos hectolitro dos grãos (g) das safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.	89
Gráfico 6 - Teores médios de óleo nos grãos (g) das safras agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.	91

**Lista de anexo - Capítulo III**

- Anexo 1 - Análises de variância da variável produção de fitomassa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da parte aérea das plantas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Safra Agrícola 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013. 97
- Anexo 2 - Análises de variância da variável altura de plantas das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Safra Agrícola 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013. 97
- Anexo 3 - Análises de variância da variável produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Safra Agrícola 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013. 97
- Anexo 4 - Análises de variância da variável massas de 100 grãos (g) das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Safra Agrícola 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013. 98
- Anexo 5 - Análises de variância da variável peso hectolitro (g) das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Safra Agrícola 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013. 98
- Anexo 6 - Análises de variância da variável teor de óleo nos grãos (%) das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Safra Agrícola 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013. 98

# ROTAÇÃO DE CULTURAS COM OLEAGINOSAS E GRAMÍNEAS NA PRODUÇÃO DE SOJA E MILHO

## Introdução Geral

A semeadura direto, sistema conservacionista de manejo do solo, que mantém os resíduos culturais na superfície, constitui uma importante técnica para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas (TORRES et al., 2005) principalmente em regiões em que as altas temperaturas, aliadas à umidade elevada no verão, aceleram o processo de decomposição dos resíduos vegetais (TEIXEIRA et al., 2009). Entretanto, o sucesso de tal sistema de cultivo requer o atendimento a alguns princípios básicos, entre os quais se destaca a utilização da rotação de culturas. Com o emprego da semeadura direto, demonstrou-se que os restos de plantas podem ser deixados sobre a superfície sendo incorporados ao solo por via biológica, trazendo resultados positivos (HEINZMANN, 1985; DERPSCHE et al., 1985; DA ROS et al., 1997; FRANCHINI et al., 2000).

Atualmente não se admite tecnicamente dentro de uma propriedade agrícola economicamente sustentável, não adotar a rotação de culturas e manejo adequado de solo através do sistema plantio direto. Porém a garantia de sua sustentabilidade depende por tanto, da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano (KLIEMANN et al., 2006), promovendo aumento do teor de matéria orgânica, ao longo dos anos, permitindo o aproveitamento dos nutrientes reciclados (MAUAD, et al., 2013); aumentando a CTC efetiva do solo (PAES et al., 1996).

No Brasil a semeadura direto só foi possível após a introdução de herbicidas que permitiram um controle eficiente de plantas daninhas, e de semeadoras/adubadoras capazes de realizarem o corte da palhada remanescente na superfície do solo com eficiência, possibilitando desta forma além do controle das ervas daninhas, a eficiente semeadura das culturas.

A semeadura direto apresenta diversas vantagens em relação a semeadura convencional podendo ser ressaltadas, o controle de erosão (MUZILLI, 1981; MEDEIROS, et al., 1994), a manutenção da umidade do solo, o controle de plantas daninhas, a melhoria nos atributos físicos (CARPENEDO E MIELNICZUCK, 1990), nas propriedades químicas e biológicas do solo (BRAGNOLO E MIELNICZUK, 1990; FLOSS, 2000) e nas condições fitossanitárias da cultura, além disso, o não revolvimento do solo e a manutenção da palhada na superfície resultam em menor taxa de decomposição e menor liberação de nutrientes, quando comparados ao revolvimento do solo e à incorporação da palhada, sendo fator relevante para a atividade microbiana (GAILLARD et al., 1999), isto por que a utilização de sistema convencional de cultivo com revolvimento da camada superficial do solo, provoca a fragmentação dos macroagregados em unidades menores, favorecendo a exposição da palhada do solo ao ataque de microrganismos, pela maior superfície específica exposta e enterio da palha, causando sua rápida decomposição (SIQUEIRA NETO et al., 2009).

No caso da Região Centro Oeste do Brasil, mais especificamente nas regiões de Cerrado, um fator adicional na implantação do Sistema Plantio Direto (SPD) a partir dos anos 1990, surgiu em decorrência de, até recentemente, não haver muitas alternativas de plantas que pudessem ser rotacionadas com a soja e o milho principalmente no período de outono/inverno (cultivo de safrinha), que suportassem a baixa disponibilidade de água que ocorre entre abril e setembro.

Recentemente com o Programa Nacional de Biodiesel, diversas culturas tais como canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), nabo forrageiro (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferus* Metzg.), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), níger (*Guizothia abyssinica*), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) e girassol (*Helianthus annuus*) passaram a ser opção de cultivo comercial, principalmente de inverno, proporcionando ao agricultor alternativas de rotação de cultura.

Entende-se como rotação de culturas a alternância regular e ordenada do cultivo de diferentes famílias de espécies vegetais em sequência temporal numa determinada área. A utilização de adubos verdes e a rotação de culturas em manejos conservacionistas mostraram-se indispensáveis desde o início das investigações do sistema de plantio direto. A rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais, dentro do mesmo período agrícola, ao longo dos anos de cultivo, numa mesma área agrícola.

O aumento da diversidade biológica contribui para a estabilidade da produção devido à ciclagem de nutrientes, à fixação biológica de N, à diversificação da flora de plantas daninhas, à redução na ocorrência de doenças, ao aumento da cobertura do solo e exploração do sistema radicular das espécies, reduzindo o grau de compactação do solo em sistemas intensivos. Estes fatos resultam em aumentos na produtividade de todas as culturas econômicas envolvidas no sistema de produção. Além disso, a utilização de diferentes espécies vegetais para produção de grãos e/ou forragem permite a diversificação da renda da propriedade, reduzindo os riscos de mercado e clima, inerentes à produção agropecuária.

A escolha da espécie que será semeada em sucessão é também determinante no sucesso do SPD (ARGENTA et al., 2001). Segundo Ceretta et al. (2002), o sucesso da semeadura direto depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano, o que significa que áreas destinadas às culturas de primavera-verão não devem permanecer em pousio durante o inverno. As espécies utilizadas na rotação do solo no período de safrinha na região do Cerrado devem apresentar rusticidade, crescimento inicial rápido e alta produção de biomassa na época da seca (CARVALHO E SODRÉ FILHO, 2000). Conforme Alvarenga et al. (2001), 6 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca na superfície é quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo.

Os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo funcionam como um reservatório de nutrientes, os quais são liberados lentamente pela ação de microrganismos, aumenta a estabilidade estrutural do solo e protege contra a erosão hídrica. Com o passar do tempo, ocorre um aumento no teor de matéria orgânica do solo (MOS) devido à menor taxa de decomposição dos resíduos vegetais, o que aumenta o potencial de fertilidade de solos ácidos com cargas dependentes de pH associadas à matéria orgânica, predominantes no território brasileiro (SIDIRAS E PAVAN, 1985; RHEINHEIMER et al., 1998; FRANCHINI et al., 2000).

Entre as culturas temporárias que podem ser cultivadas no período de safrinha (outono/inverno) com potencial para a produção de óleos para o biodiesel, podemos destacar, o amendoim (*Arachis hypogaea* L), o girassol (*Helianthus annuus*), a canola (*Brassica napus* L. var. oleifera), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. oleiferus Metzg.), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), niger (*Guizothia abyssinica*), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) entre outras..

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

A partir de 1º de janeiro de 2010, o Governo Federal decretou aumento obrigatório de 3% para 5% da mistura do biodiesel ao óleo diesel fóssil comercializado em todo o Brasil, gerando uma demanda de 2,7 bilhões de litros de óleo vegetal. O país possui uma capacidade instalada de 65 usinas autorizadas para operar na produção de biodiesel, com capacidade anual de produzir 7,0 bilhões de litros (ANP, 2012).

Atualmente, os grãos de soja são responsáveis por 72,9% da matéria prima destinada para produção de biodiesel, seguido da gordura bovina (16,3%), do óleo de algodão (5,5%) e do óleo de palma (0,44%). As demais espécies de oleaginosas de ciclo anual ou perene para produção de biodiesel ainda são inexpressivas (ANP, 2012). A cultura da soja, por ser uma commodity, tem o preço fixado pela Bolsa de Chicago, o que torna vulnerável a sua utilização como matriz principal para produção de biodiesel.

Na safra agrícola 2011/2012, devido à ocorrência de seca nos Estados Unidos a produção de soja foi afetada, refletindo na sua cotação no mercado internacional e a saca de 60 kg foi comercializada na região sul do Mato Grosso do Sul, no mês de julho, no valor de R\$ 80,00, e neste patamar, a produção de biodiesel com óleo de soja eleva os custos finais do biodiesel.

Neste contexto, a busca de espécies alternativas para compor sistemas de produção é de fundamental importância, principalmente, para serem semeadas no período da safrinha, onde nesta época extensas áreas ficam em pousio, melhorando a renda do produtor, contribuindo também para o estabelecimento de rotação de cultura com a soja e milho semeado no verão.

A implantação de um programa energético com biodiesel abre oportunidades para grandes benefícios sociais decorrentes do alto índice de geração de empregos por capital investido, culminando com a valorização do campo e a promoção do trabalhador rural, além das demandas por mão-de-obra qualificada para o processamento e, em muitos casos, beneficiamento do óleo vegetal.

Algumas espécies já são exploradas para a produção de biodiesel, como a soja, o algodão, a mamona, sendo a soja, a matéria prima mais abundante pelo volume de produção, principalmente, na região centro sul do Brasil, mas com baixo teor de óleo, quando comparadas a outras espécies. A busca por espécies e genótipos superiores, com alto potencial para produção de óleo, proteína, massa seca e características agrônômicas desejáveis, tem levado ao estudo de espécies oleaginosas, em todo mundo.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi de estudar sistemas de produção de grãos de soja e milho semeados no verão em rotação ou sucessão de culturas, envolvendo espécies de oleaginosas e de poaceas semeadas no outono-inverno, com potencial para fornecer óleo para o programa de Biodiesel.

## **Bibliografia**

AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO, GAS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEL – ANP. **Boletim Mensal de Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 20 de fevereiro. 2012.

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.

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

BRAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e a umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p. 89-91, 1990.

CARPENEDO, V. e MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p 99-105, 1990.

CARVALHO, A.M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2000. 20 p. (Boletim de Pesquisa, 11).

CERETTA, C. A.; AITA, C.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A.; SALET, T. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 215-220, 1994.

DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FIORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A. & PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p.241-247, 1997.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F .X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, nº 7, p. 761-773, 1985.

FLOSS, E.L. Benefícios da biomassa da aveia. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, v. 57, p. 25-29, maio/jun. 2000.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M. & GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.459-467, 2000.

GAILLARD, V.; CHENU, C.; RECOUS, S.; RICHARD, G. Carbon, nitrogen and microbial gradients induced by plant residues decomposing in soil. **European Journal of Soil Science**, United Kingdom , v. 50, n. 4, p. 567-578, 1999.

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

IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia.. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>.. Acesso em: dez.. 2014.

KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P.M. Taxa de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiana, GO, v.36, p.21-28, 2006.

MAUAD, M.; VITORIANO, C. T.; SOUZA, L. C. F. de; HEINZ, R.; GARBIATE, M. V. Straw persistence and nutrient release from crambe abyssinica according to the time of management. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 53-60, 2013.

MEDEIROS, G. B. de; CALEGARI, A.; GAUDÊNCIO, C. Rotação de culturas . Paraná, Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Manual Técnico do Subprograma de Manejo e Conservação do Solo**. 2. ed. Curitiba: SEAB, 1994. 372 p.

MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: **Fundação Instituto Agrônomo do Paraná. Plantio Direto no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981., p. 43-57. (CircularIAPAR23).

PAES, J. M .V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C.H.; LOUDES, E.G.. De composição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **Revista. Ceres**, v. 43, p. 337-392, 1996.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C. & SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p713-721, 1998.

SIDIRAS, N. E PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.9, p.249-254, 1985.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; FEIGEL, B.J.; VENZKE FILHO, S. de P.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). II - Emissões de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.1023-1029, 2009. DOI: 10.1590/S0100-06832009000400026

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J. de; ANDRADE, M.J.B.A. de; SILVA, C.A.; PEREIRA, J.M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária na semeadura direta do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, p.647-653, 2009.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; F ABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.609-618, 2005.

## **CAPITULO I**

### **DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOA EM DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO.**

**ROGÉRIO GUERINO FRANCHINI**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

# DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA EM DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO.

Rogério Guerino Franchini

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

## Resumo

O objetivo do presente trabalho foi de avaliar o desempenho agronômico da soja em diferentes sucessões de culturas em sistema plantio direto. O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2011, 2012 e 2013 (safrinha), 2010, 2011 e 2012 (safra), na área experimental da AGRAER/CEPAI, no município de Ponta Porã, Estado do Mato Grosso do Sul. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com treze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de treze sistemas de rotação de culturas, envolvendo diferentes espécies vegetais, antecessoras à soja, sendo eles: pousio, milho, milho + braquiária, trigo, girassol, canola, nabo forrageiro, cártamo, níger e crambe. Foram avaliados a fitomassa das culturas antecessoras a soja em pleno florescimento, além da altura de planta e inserção da primeira vagem, número de ramificação por planta, número de vagens por planta, produtividade da soja e massa de 100 grãos. A análise de variância dos dados de inserção da 1ª vagem, número de vagens por planta e número de ramificação por planta, não foram significativos para a cultura da soja nos anos agrícolas de 2011/12 e 2012/13, já altura de planta, massa de mil grãos de soja e produtividade foram significativa em ambos os anos agrícolas avaliados. Em ambos os anos agrícolas, a maior produtividade foi obtida quando a canola foi utilizada como cultura antecessora com 2.963 e 3.747 kg ha<sup>-1</sup> para os anos 2011/2012 e 2012/2013 respectivamente. As menores produtividades obtidas quando analisado a cultura antecessora na produtividade da soja ficaram com a sucessão trigo/soja em ambos os anos agrícolas. Na safra agrícola 2011/2012 a produtividade desta rotação variou de 1.993 a 2.026 kg ha<sup>-1</sup> e no ano agrícola 2012/2013 de 2.837 a 2.863 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras Chaves: Oleaginosas, Rotação de Culturas, Soja.**

# **AGRONOMIC PERFORMANCE OF SOUNDS IN DIFFERENT SUCCESSIONS OF CROPS ON TILLAGE SYSTEM.ABSTRACT**

ROGÉRIO GUERINO FRANCHINI

Adviser: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

## **Abstract**

The objective of the present work was to evaluate the agronomic performance of soybean in different successions of crops on tillage system. The experiment was accomplished in the years 2011, 2012 and 2013 agricultural (winter season), 2010, 2011 and 2012 (summer season) on experimental area of AGRAER/CEPAI, in the municipality of Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. The experimental design was randomized blocks with thirteen treatments and four replicates. The treatments consisted of thirteen crop rotation systems, involving different plant species, predecessors to soybeans, being they: fallow land, corn, corn + brachiaria, wheat, sunflower, Canola (CANadian Oil, Low Acid), forage turnip, safflower, Niger and crambe. We evaluated the phytomass crop predecessors soybeans in full bloom, as well as plant height and insert the first pod, branch number per plant, number of pods per plant, productivity of soybean and mass of 100 grains. The analysis of variance of the data of the first insertion pod, number of pods per plant and number of branch per plant, were not significant to the culture of soybean in the years 2011/12 agricultural and 2012/13, plant height, mass of thousand grains of soybeans and productivity were significant in both agricultural years evaluated. In both years, the largest agricultural productivity was obtained when the canola oil was used as culture predecessor with 2.963 and 3.747 kg ha<sup>-1</sup> for the year 2011/2012 and 2012/2013 respectively. The smallest yields obtained when examining culture predecessor on soybean productivity stayed with the succession wheat/soybeans in both years. In 2011/2012 agricultural crop productivity of this rotation ranged from 1.993 to 2.026 kg ha<sup>-1</sup> and the year 2012/2013 agricultural of 2.837 to 2.863 kg ha<sup>-1</sup>.

**Keywords: oilseeds, crop rotation, soybeans.**

## Introdução

O uso e a ocupação agrícola do Cerrado têm tido nos últimos anos grandes avanços, porém sem considerar aspectos corretos de manejo e conservação do solo. O mercado favorável à cultura da soja tem levado os produtores a adotarem a monocultura ou mesmo a simples sucessão soja/milho por vários anos consecutivos, principalmente nas regiões de Cerrado, o que tem acarretado na degradação física, química e biológica do agrossistema. Esta degradação ambiental tem proporcionado o aparecimento de problemas de pragas lagarta helicoverpa - *Helicoverpa armigera*, doenças ferrugem asiática - *Phakopsora pachyrhiz*, mofo branco - *Sclerotinia sclerotium*, antracnose - *Colletotrichum spp* - cancro da haste - *Diaporthe phaseolorum f. sp. Meridionalis* e plantas daninhas de difícil controle buva - *Conyza bonariensis*, capim amargoso - *Digitaria insularis*.

A busca de novas tecnologias é fundamental na agricultura moderna, estabelecida em bases conservacionistas, como o Sistema Plantio Direto. O SPD é o melhor sistema conservacionista de manejo de solo, constitui uma importante técnica para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas (TORRES et al., 2005), principalmente em regiões em que as altas temperaturas, aliadas à umidade elevada no verão, aceleram o processo de decomposição dos resíduos (TEIXEIRA et al., 2009). Entretanto, o sucesso de tal sistema de cultivo requer o atendimento a alguns princípios básicos, entre os quais se destaca a utilização da rotação de culturas, não revolvimento e cobertura do solo.

Entende-se como rotação de culturas, a alternância regular e ordenada no cultivo de diferentes espécies vegetais, em sequência temporal numa determinada área. A utilização de rotação de culturas em manejos conservacionistas mostrou-se indispensável desde o início das investigações do sistema plantio direto.

Com o emprego da semeadura direto, demonstrou-se que os restos de plantas podem ser deixados sobre a superfície, e incorporados ao solo por via biológica, trazendo resultados positivos (HEINZMANN, 1985; DERPSCH et al., 1985; DA ROS et al., 1997; FRANCHINI et al., 2000). Atualmente, não se admite uma propriedade agrícola economicamente sustentável, não adotar a rotação de culturas e manejo adequado de solo, através do sistema plantio direto. Porém, a garantia de sua

sustentabilidade depende, portanto, da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades e qualidades de matéria seca, suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano (KLIEMANN et al., 2006), promovendo um aumento no teor de matéria orgânica, ao longo dos anos, permitindo o aproveitamento dos nutrientes reciclados, aumentando a CTC efetiva do solo (PAES et al., 1996).

No caso da Região dos Cerrado, um fator adicional surgiu na implantação do SPD a partir dos anos 1990, em decorrência de, até recentemente, não haver muitas alternativas de plantas que pudessem compor o sistema de rotação com a soja e o milho, principalmente no período de inverno (safrinha), que suportassem a baixa disponibilidade de água que ocorrem entre abril e setembro. Mais recentemente, com o Programa Nacional de Biodiesel, diversas culturas tais como canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), nabo forrageiro (*Raphanus stivus* L. var. *oleiferus* Metzg.), cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), níger (*Guizothia abyssinica*), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) e girassol (*Helianthus annuus*) passaram a ser opção de cultivo comercial, principalmente de inverno, proporcionando alternativas de rotação de cultura.

O aumento da diversidade biológica contribui para a estabilidade da produção devido à ciclagem de nutrientes, à fixação biológica de N, à diversificação da flora de plantas daninhas, à redução na ocorrência de doenças, ao aumento da cobertura do solo e ao trabalho realizado pelo sistema radicular das espécies, reduzindo o grau de compactação do solo em sistemas intensivos. Estes fatos resultam em aumentos na produtividade de todas as culturas econômicas envolvidas no sistema de produção. Além disso, a utilização de diferentes espécies vegetais para produção de grãos e/ou forragem permite a diversificação da renda da propriedade, reduzindo os riscos de mercado e de clima inerentes à produção agropecuária.

A rotação de culturas apresenta melhor resultados do que as sucessões sobre as propriedades físicas do solo (BERTOL et al., 2004), sendo indicadas para o manejo físico do solo, em razão do maior aporte de matéria orgânica e bioporosidade do solo. Para Gonçalves et al. (2006) a diminuição das operações agrícolas não é suficiente para evitar a compactação, ou para minimizá-la, sendo necessárias rotação de culturas, envolvendo espécies que produzam grande quantidade de massa para a cobertura do solo e sistema radicular profundo e com grande volume, reduzindo a compactação.

A escolha da espécie que será semeada em sucessão é também determinante no sucesso do sistema plantio direto (ARGENTA et al., 2001). Segundo CERETTA et al. (2002), o sucesso da semeadura direto depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano, o que significa que áreas destinadas às culturas de primavera-verão não devem permanecer em pousio durante o inverno. As espécies utilizadas na rotação do solo, no período de safrinha na Região do Cerrado, devem apresentar rusticidade, crescimento inicial rápido e alta produção de biomassa na época da seca (CARVALHO E SODRÉ FILHO, 2000). Conforme Alvarenga et al. (2001), 6 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca na superfície é a quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo.

Os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo funcionam como um reservatório de nutrientes que são liberados lentamente pela ação de microrganismos, aumenta a estabilidade estrutural do solo e protege contra a erosão hídrica. Com o passar do tempo, ocorre um aumento no teor de matéria orgânica do solo (MOS) devido à menor taxa de decomposição dos resíduos vegetais, o que aumenta a fertilidade de solos ácidos com cargas dependentes de pH associadas à matéria orgânica, predominantes no território brasileiro (SIDIRAS E PAVAN, 1985; RHEINHEIMER et al., 1998; FRANCHINI et al., 2000).

Diferentes espécies de plantas de cobertura do solo têm sido usadas em sistemas de rotação e seus resíduos tendem a causar importantes efeitos sobre a química do solo. Porém, materiais orgânicos fragmentados e depositados na superfície variam quanto aos efeitos sobre as características químicas do solo, principalmente sobre o teor de carbono orgânico e fósforo (BRACCINI et al., 1995). Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar o desempenho agrônômico da soja em diferentes rotações de culturas em sistema plantio direto.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido nos anos de 2010 (safrinha), 2011, 2012 e 2013 (safra), na área experimental da AGRAER/CEPAI (Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural/ Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati), no

município de Ponta Porã, Estado do Mato Grosso do Sul, latitude 22°32'S e 55°43'W e altitude de 595 metros.

O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa (clima úmido, com inverno seco e verão quente). A precipitação pluvial total anual da região é de 1.400 a 1.500 mm e a temperatura média anual é de 22 C°. Nas figuras 1, 2 e 3 estão dispostos os dados referentes às precipitações pluviais e temperaturas máximas e mínimas por decêndios, durante o período que antecede a semeadura (dessecação) até a colheita da cultura da soja, nos anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

O solo predominante no local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf), textura muito argilosa originalmente sob vegetação de cerrado. O relevo é plano e suavemente ondulado.

A área onde se instalou o experimento, anteriormente era cultivada com pastagens a pelo menos 20 anos. Antes da implantação do experimento foi realizado análise do solo que indicou a necessidade da aplicação de três toneladas por hectare de calcário dolomítico, que foi aplicado a lanço sobre a superfície do solo e incorporado com auxílio de uma gradagem pesada e duas gradagens niveladoras, no mês de outubro de 2009.

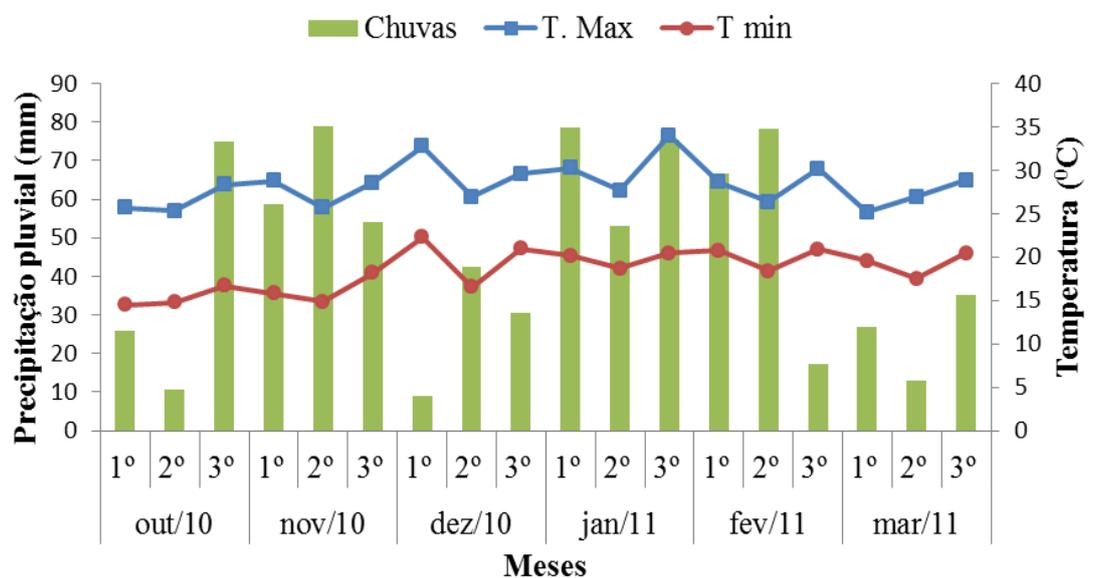


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2010/11) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS). Fonte: Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS.

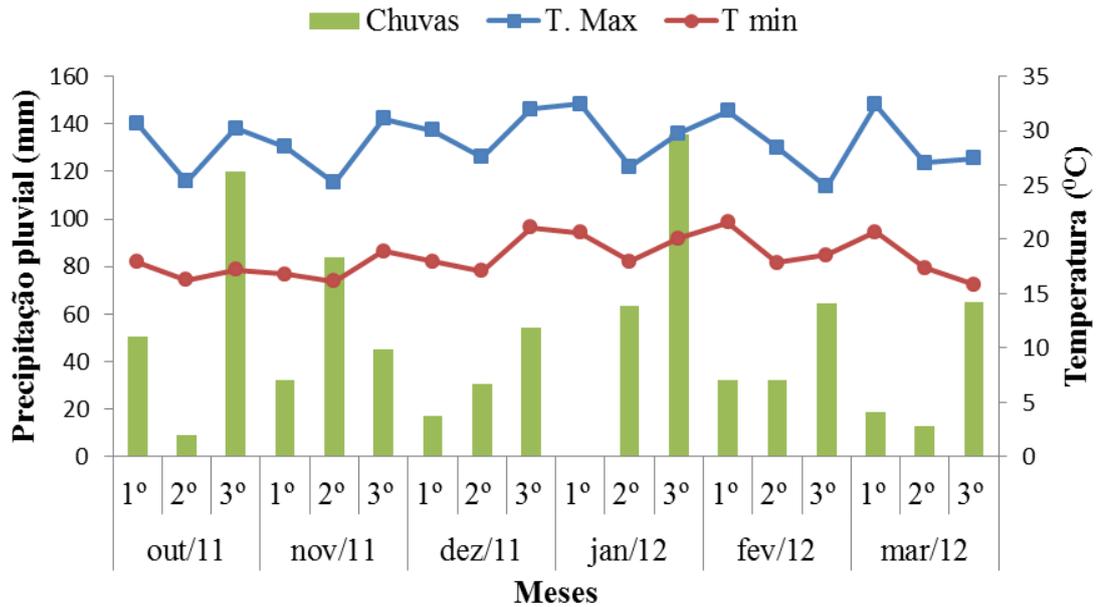


Figura 2. Precipitação pluvial (mm) por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2011/12) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS). Fonte: Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS.

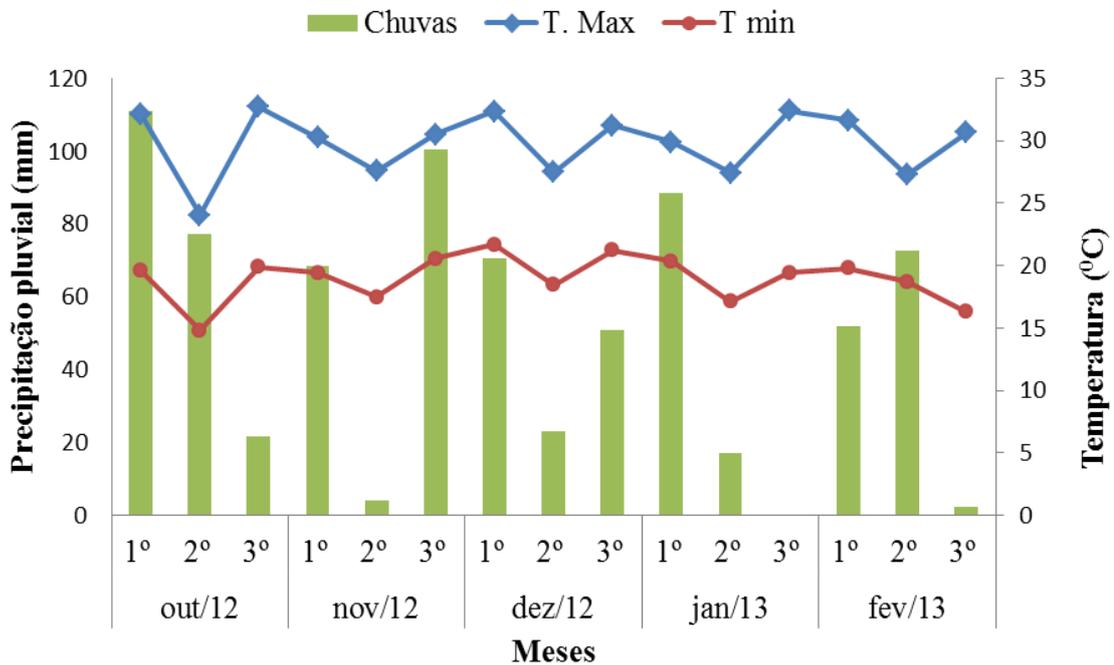


Figura 3. Precipitação pluvial (mm) por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2012/13) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS). Fonte: Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com treze tratamentos e quatro repetições. As parcelas mediram 15 metros de comprimento por 9,05 metros de largura (135,75 m<sup>2</sup>) onde foram semeadas mecanicamente 18 linhas de soja com 15 metros de comprimento, espaçadas entre si de 0,45 m. Os tratamentos consistiram de treze sistemas de rotação de culturas, envolvendo diferentes espécies vegetais, semeadas no outono/inverno dos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013, antecessoras à soja. Na Tabela 1 estão dispostas às sequências de culturas por tratamento, desde o outono/inverno de 2010 até o verão de 2013.

O tratamento 1 (pousio/soja) representa o sistema de produção, em que, no outono/inverno, a área é deixada em pousio, com o desenvolvimento da vegetação espontânea, formada principalmente por braquiária e ervas daninhas, as quais posteriormente são dessecadas para a semeadura da soja. O tratamento 2 (milho/soja) representa o sistema de cultivo mais utilizado na maioria das regiões produtoras de soja no Brasil (Sudeste e Centro Oeste) onde é cultivado a soja no verão e o milho no inverno. Este sistema apesar de na maioria dos casos se utilizarem a semeadura direta na palha, caracteriza-se como duas sucessão apenas. O tratamento 3 (milho + braquiária/soja) é semelhante ao tratamento 2, porém o milho safrinha é semeado juntamente com a *Brachiaria ruziziensis*, o que torna o sistema um pouco mais diversificado, principalmente quando a braquiária é cultivada após a colheita do milho sendo dessecada dias antes da semeadura da soja de verão. Este sistema além de permitir um aporte de fitomassa ao solo proporciona cobertura do solo durante todo o outono/inverno. O tratamento 4 (trigo/soja) em que utiliza a semeadura do trigo no inverno e a soja no verão foi muito utilizado, quando a competitividade econômica do trigo era positiva. Este sistema apesar de estar sendo pouco utilizado pelos produtores da região apresenta-se como uma alternativa a plantios tardios de safrinha onde tem sérios riscos por geadas.

A partir do tratamento 5 o experimento procurou criar sistemas de rotações de três anos, envolvendo as culturas de milho e soja semeadas no verão com as culturas de inverno (milho, trigo, nabo forrageiro, níger, canola, crambe e cártamo). Sendo assim, os tratamentos 5, 6 e 7 compõem sistemas de rotação de três anos, envolvendo milho e soja semeados no verão e trigo, girassol, canola no inverno. O tratamento 8, 9 e 10 as culturas utilizadas na semeadura outono/inverno foram o milho, nabo forrageiro,

trigo e cártamo e os tratamentos 11, 12 e 13 utilizou-se como rotação de inverno as culturas o crambe, níger e trigo.

Em todos os anos agrícolas de avaliação o milho híbrido DEKLB 390 VT PRO foi semeado na 1º quinzena do mês de março e as demais culturas (canola - variedade hyola 61, nabo forrageiro, cártamo, níger, crambe variedade FMS Brilhante, girassol variedade Embrapa 122 / V-2000 e trigo variedade BRS 264) na 1º quinzena do mês de abril. No tratamento milho + braquiária utilizou-se nas entrelinhas, sementes de *Braquiária ruziziensis* com semeadura simultânea ao milho. Em todas as culturas de inverno utilizou-se uma adubação de 220 kg ha<sup>-1</sup> do formulado (N-P-K) 08-20-20. Não foi utilizado adubação de cobertura com nitrogênio para nenhuma cultura de inverno. Os espaçamentos utilizados foram de 0,90 metros para o milho e girassol, 0,45 metros para canola, cártamo, níger, crambe e de 0,22 metros para o trigo. Na parcela de pousio houve o desenvolvimento de vegetação espontânea.

Tabela 1. Sistemas de rotação e sucessão de culturas com espécies de verão, outono/inverno e primavera com ênfase para soja, no período de Outono/2010 a Verão 2013.

Tratamento	Ano agrícola Out/inv. 2010	Ano agrícola		Ano agrícola		Ano agrícola Verão 2012/2013
		Verão 2010/2011	Out/inv. 2011	Verão 2011/2012	Out/inv. 2012	
1	Pousio*	Soja	Pousio*	Soja	Pousio*	Soja
2	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja
3	Milho + Braquiária	Soja	Milho + Braquiária	Soja	Milho + Braquiária	Soja
4	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja
5	Girassol	Milho	Trigo	Soja	Canola	Soja
6	Canola	Milho	Girassol	Soja	Trigo	Soja
7	Milho	Soja	Canola	Soja	Girassol	Soja
8	Nabo forrageiro	Milho	Trigo	Soja	Cártamo	Soja
9	Cártamo	Milho	Nabo Forrageiro	Soja	Trigo	Soja
10	Milho	Soja	Cártamo	Soja	Nabo forrageiro	Soja
11	Crambe	Milho	Trigo	Soja	Níger	Soja
12	Níger	Milho	Crambe	Soja	Trigo	Soja
13	Trigo	Milho	Níger	Soja	Crambe	Soja

\* Pousio - vegetação espontânea.

A semeadura da soja, variedade BMX Potência RR, ocorreu na 1ª semana do mês de outubro, utilizando-se uma semeadora equipada para plantio direto, com nove linhas, espaçadas 0,45 m entre si, regulada para distribuir 320 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 2-20-20 e densidade de 16 sementes por metro linear, visando obter estande final de 14 plantas por metro linear. Os tratos culturais foram realizados conforme recomendações técnica para a cultura conforme EMBRAPA (2011).

As amostragens de fitomassa seca das culturas semeadas no outono/inverno foram realizadas no florescimento pleno, amostrando-se dentro de cada parcela uma área de 2,00 m<sup>2</sup>, cortando-se as plantas rente ao solo, e levadas para secagem em estufa, com circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem peso constante. A colheita dos grãos foi realizada manualmente ao final de cada ciclo com auxílio de uma trilhadora estacionária. Toda palha proveniente de cada tratamento, retornaram para sua respectiva parcela.

Nos dois anos agrícolas avaliados a colheita da soja foi realizada na 1ª quinzena do mês de fevereiro sendo analisadas as seguintes características agrônômicas:

**Massa seca da parte aérea das plantas:** As amostragens foram realizadas no florescimento pleno, amostrando-se dentro de cada parcela, uma área de 2,00 m<sup>2</sup>, cortando as plantas rente ao solo, e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem peso constante.

**Altura de planta:** as alturas de plantas foram determinadas no momento da colheita, medindo-se, aleatoriamente, 15 plantas por parcela. A altura de planta foi obtida medindo-se a distância entre o nível do solo até o ápice do caule.

**Inserção da primeira vagem:** a inserção da primeira vagem foram determinadas no momento da colheita, medindo-se, aleatoriamente, 15 plantas por parcela. A altura de inserção da primeira vagem foi determinada pela distância entre o nível do solo e a inserção da primeira vagem no caule.

**Número de ramificações por planta:** o número de ramificações por planta foi determinado na colheita, contando-se, ao acaso, o número de ramificações de 15 plantas, por parcela.

**Número de vagens por planta:** o número de vagens por planta foi determinado na colheita contando-se, o número de vagens, amostrando-se ao acaso 15 plantas por parcela.

**Massa de 100 grãos:** após a medida de produtividade de cada parcela foi efetuada a contagem de oito amostras de 100 grãos por parcela. As amostras foram pesadas em balança de precisão com duas casas decimais. A massa de 100 grãos foi determinada pela média das oito amostras.

**Produtividade da soja:** a produtividade foi medida após a trilha e limpeza dos grãos das plantas, colhidas dentro da área útil de cada parcela, representada por oito linhas de soja com cinco metros de comprimento. A pesagem dos grãos foi realizada em balança de precisão com duas casas decimais, com os valores expressos de  $\text{kg ha}^{-1}$ , corrigindo-se o grau de umidade para 13%.

O acompanhamento da fertilidade do solo foi realizado anualmente, retirando-se 15 subamostras simples, para formar uma amostra composta em cada parcela, que por sua vez foi retirado uma subamostra de cada repetição e formada uma amostra de cada tratamento, na profundidade de 0-20 cm. As amostras após homogeneização foram etiquetadas e em seguida, enviadas para o Laboratório de Solo da EMBRAPA CPAO, para a determinação dos atributos químicos, conforme metodologia descrita em EMBRAPA (1999). Os resultados das amostras de solo encontram-se no Anexo 1.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o aplicativo computacional SAEG (RIBEIRO JR., 2001).

## **Resultados e Discussão**

Para produção de fitomassa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da parte aérea das plantas cultivadas no inverno, antecedendo a cultura da soja, a análise de variância indicou diferenças estatisticamente para os anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013 entre os sistemas de rotação de culturas (Tabela 2 e 3). As maiores produções de fitomassa de matéria seca entre as culturas antecessoras a cultura da soja, nos dois anos agrícolas avaliados, foram obtidas com as sucessões de milho + braquiária (Tratamento 3) e milho/soja (Tratamento 2) com 14.524 e 9.097  $\text{kg ha}^{-1}$  para os anos 2011/2012 e 14.050 e 8.484  $\text{kg ha}^{-1}$  no ano agrícola 2012/2013, respectivamente.

Destacaram-se também, em ambos os anos agrícolas avaliados, a produção de fitomassa seca da parte aérea das culturas do girassol e nabo forrageiro (Tabelas 2 e 3). No ano de 2011/2012 o girassol (Tratamento 6) produziu 6.750 Kg ha<sup>-1</sup> e o nabo forrageiro (Tratamento 9) 6.058 kg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca. No ano de 2012/2013 a produção de fitomassa seca foi de 7.179 kg ha<sup>-1</sup> para girassol (Tratamento 7) e 6.308 kg ha<sup>-1</sup> para o nabo forrageiro (Tratamento 10).

Tabela 2. Valores médios das variáveis: Fitomassa seca das culturas antecessora (kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (cm), número de vagens por planta, número de ramificações por planta, inserção da primeira vagem (cm) da soja em função das culturas antecessoras. Ano agrícola 2011/2012.

Trat.	Cultura antecessora	Fitomassa Seca Cultura Antecessora (kg ha <sup>-1</sup> )	Altura de planta (cm)	Inserção da 1ª vagem (cm)	Número Vagem/planta	Número Ramif./Planta
1	Pousio	2675 e	91,50 c	15,42 <sup>NS</sup>	41,50 <sup>NS</sup>	6,00 <sup>NS</sup>
2	Milho	9097 b	93,50 bc	16,17 <sup>NS</sup>	43,50 <sup>NS</sup>	6,05 <sup>NS</sup>
3	Milho +Braquiária	14524 a	112,50 a	15,87 <sup>NS</sup>	45,00 <sup>NS</sup>	6,17 <sup>NS</sup>
4	Trigo	3497 de	90,50 c	15,44 <sup>NS</sup>	44,00 <sup>NS</sup>	5,90 <sup>NS</sup>
5	Trigo	3393 de	90,25 c	15,42 <sup>NS</sup>	44,75 <sup>NS</sup>	5,90 <sup>NS</sup>
6	Girassol	6750 c	111,25 a	15,30 <sup>NS</sup>	42,75 <sup>NS</sup>	6,17 <sup>NS</sup>
7	Canola	3877 de	118,25 a	14,80 <sup>NS</sup>	44,25 <sup>NS</sup>	5,97 <sup>NS</sup>
8	Trigo	3177 de	91,50 c	16,80 <sup>NS</sup>	43,00 <sup>NS</sup>	6,15 <sup>NS</sup>
9	Nabo Forrageiro	6058 c	107,50 ab	14,47 <sup>NS</sup>	45,25 <sup>NS</sup>	6,17 <sup>NS</sup>
10	Cártamo	2841 de	106,75 ab	13,80 <sup>NS</sup>	46,35 <sup>NS</sup>	6,47 <sup>NS</sup>
12	Trigo	3218 de	91,50 c	14,55 <sup>NS</sup>	44,50 <sup>NS</sup>	6,27 <sup>NS</sup>
12	Crambe	4077 d	105,25 abc	15,35 <sup>NS</sup>	45,25 <sup>NS</sup>	6,20 <sup>NS</sup>
13	Níger	1378 f	108,00 ab	14,30 <sup>NS</sup>	45,00 <sup>NS</sup>	6,17 <sup>NS</sup>

<sup>NS</sup>: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Sodre Filho et al. (2004) em um experimento em condições de Cerrado no município de Planaltina/DF, avaliando a produção de fitomassa e cobertura do solo, em sucessão ao milho cultivado nos sistemas convencional e plantio direto, observaram que o girassol apresentou produção de massa verde atingindo 8.233 kg ha<sup>-1</sup> no sistema plantio convencional e 12.316 kg ha<sup>-1</sup> no sistema plantio direto. Já a produção de massa seca no sistema plantio convencional foi de 1.957 kg ha<sup>-1</sup> e no sistema plantio direto de 2.855 kg ha<sup>-1</sup>. Porém, segundo o autor, esse fator não resulta em melhor cobertura do solo, em virtude da estrutura de seus resíduos, constituídos predominantemente por hastes ou caules.

Para o nabo forrageiro os valores de fitomassa seca ( $6.058 \text{ kg ha}^{-1}$ ) estão próximos aos obtidos por Heinz, et al. (2011) que estudando o nabo forrageiro na região de Dourados/MS obtiveram uma produção de fitomassa da parte aérea de  $5.586 \text{ kg ha}^{-1}$  e Lima et al. (2007), que obtiveram produção de  $5.480 \text{ kg ha}^{-1}$  no estado de São Paulo. Segundo Derpsch e Calegari, (1992) e Calegari, (1998) a produção de massa seca do nabo forrageiro no estágio de floração pode variar entre  $2.000$  e  $6.000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

No ano agrícola de 2011/2012 as menores produtividades de fitomassa seca das plantas antecessora a cultura da soja, foram obtidas com o pousio  $2.675 \text{ kg ha}^{-1}$  e níger com  $1.378 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 2). Já no ano agrícola de 2012/2013, as menores produções de fitomassa seca foram avaliadas quando a cultura antecessora a soja foi o pousio com  $2.491 \text{ kg ha}^{-1}$ , o cártamo  $3.500 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 3).

As culturas de trigo (todas as rotações), níger, cártamo, canola, crambe e pousio (vegetação espontânea) nas duas safras avaliadas, as médias de massa de matéria seca foram inferiores a  $6,0 \text{ t ha}^{-1}$  que, segundo Alvarenga et al. (2001), é a quantidade adequada de resíduos que proporciona boa taxa de cobertura do solo. Esta baixa produção de fitomassa seca não inviabiliza as culturas estudadas, pois, além da produção de fitomassa seca uma espécie pode produzir compostos químicos tanto das raízes quanto da parte aérea, que podem beneficiar a cultura posterior.

Para altura de plantas, a análise de variância, indicou diferenças estatística para os anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013 entre os sistemas de rotação de culturas (Tabelas 2 e 3). No ano agrícola 2012/2013 a média geral de altura de plantas foi de  $104,31 \text{ cm}$  sendo superior à do ano agrícola 2011/2012 onde as plantas de soja atingiram uma altura média de  $101,40 \text{ cm}$ . Apesar da boa quantidade e regularidade de chuvas ocorrido nos dois anos agrícolas avaliados, no ano de 2011/2012 ocorreu um veranico no final do mês de dezembro e início do mês de janeiro (Figura 1), o que pode ter influenciado o crescimento da soja.

Outros fatores podem causar redução na altura da planta, como, a menor quantidade de palha, com prejuízos ao estabelecimento da cultura da soja (SANTOS et al., 1998), liberação de substâncias inibidoras de crescimento e de desenvolvimento da soja durante a decomposição da palhada das culturas antecessoras (ALMEIDA 1988). Santos et al. (1994) atribuíram essa, a causa da obtenção de menores estaturas de plantas soja, quando cultivadas após rotações contendo aveia branca. Além disso, deficiências minerais podem também, causar redução da altura de plantas. A cultura do

trigo, apesar de não diferir do pousio, proporcionou, para a cultura da soja, menor altura de plantas no ano agrícola 2011/2012 (Tabela 2). Entre a possível causa desse efeito, a produção de fitomassa inferior é a mais provável, além da desuniformidade da cobertura proporcionado pelo pousio.

No ano agrícola 2011/2012 as maiores alturas de plantas de soja foram obtidas nos Tratamentos 03 e 06, com 112,50 e 111,25 cm respectivamente (Tabela 2). Para o ano agrícola 2012/2013 (Tabela 3) as maiores alturas para planta de soja ocorreram nos Tratamentos 03 e 05 com 120,25 e 123,00 cm, respectivamente.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Santos et al. (1983) que obtiveram valores de estatura de plantas menores em sucessão ao trigo, quando comparados a outras rotações de cultura. Santos e Roman (2001) conduziram experimentos em Passo Fundo/RS estudando os efeitos de diferentes culturas antecessoras, sobre a altura de plantas de soja em plantio direto, concluíram que existe efeito significativo do tipo de sucessão para estaturas de planta de soja após culturas de inverno.

Em Coxilha/RS, Santos, et al. (2004) observaram que a soja cultivada após a aveia branca no sistema de rotação (soja/trigo, soja/aveia branca e pastagem de milho/pastagem de aveia preta + azevém + ervilhaca sob plantio direto no inverno e no verão) apresentou o menor valor de altura de plantas, com 55 cm, porém, estes dados divergem dos encontrados por Carvalho et al. (2004) que trabalhando em Selvíria/MS, num Latossolo Vermelho Distroférico, utilizando mucuna-preta, guandu, crotalária, milho e pousio (vegetação espontânea), como culturas antecessoras a soja, concluíram que as referidas espécies não influenciaram na altura de plantas de soja.

O acamamento ou tombamento da planta, ocorrido em plantas de tamanho excessivo, é um fator importante na cultura da soja; existe relação direta entre altura da planta e propensão ao acamamento. O acamamento pode causar redução da produtividade, pois a barra de corte da colhedora não consegue recolher as plantas deitadas próximas ao solo e seus grãos, portanto, ficam no campo. No entanto, no presente estudo, em ambos os anos estudados, esse problema não foi detectado na cultura da soja em nenhuma das culturas antecessoras de inverno avaliadas.

A altura de inserção da 1ª vagem, número de vagens por planta e número de ramificação por planta, não indicou diferenças significativas para a cultura da soja nos

anos agrícolas de 2011/12 e 2012/13, já as variáveis altura de planta, massa de mil grãos de soja e produtividade foram significativa em ambos os anos agrícolas avaliados (Tabelas 2 e 3).

A altura de inserção da primeira vagem é característica genética do cultivar, que pode ser influenciada pelo ambiente, principalmente pela fertilidade do solo, pelas condições climáticas, a época de semeadura e da latitude (BORÉM, 2000). Em ambos os anos estudados os resultados de altura média e inserção da primeira vagem estão de acordo com a descrição da variedade utilizada (BMX RR Potência), que atinge altura média de plantas em torno de 1,12 m e inserção de vagem de 16 cm para a região sul de Mato Grosso do Sul.

No ano agrícola de 2011/2012 a altura de inserção da primeira vagem variou de 13,80 (Tratamento 01) a 15,87 (Tratamento 03) e no ano agrícola de 2012/2013 variou de 11,32 (Tratamento 09) a 13,80 (Tratamento 08) (Tabelas 2e 3). Estes valores são considerados adequados para colheita mecânica, pois segundo Carther e Hartwing (1962) e Yokomizo (1999), a planta de soja com altura média de inserção de vagem em torno de 12 a 15 cm, evita a perda de vagens durante a colheita mecanizada, melhora a pureza dos grãos colhidos, além de aumentar a eficiência da colhedora (SEDIYAMA et al., 1985).

Tabela 3. Valores médios das variáveis: Fitomassa seca das culturas antecessora ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), altura de planta (cm), número de vagens por planta, número de ramificações por planta, inserção da primeira vagem (cm) em função das culturas antecessoras. Ano Agrícola 2012/2013 - Ponta Porã – MS, 2013.

Trat.	Cultura antecessora	Massa Seca Cultura Antecessora ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Altura de planta (cm)	Inserção da 1ª vagem (cm)	Número Vagem/planta	Número Ramif./Planta
1	Pousio	2.491 f	92,00 b	13,05 <sup>NS</sup>	45,37 <sup>NS</sup>	6,47 <sup>NS</sup>
2	Milho	8.484 b	100,50 b	12,87 <sup>NS</sup>	45,20 <sup>NS</sup>	6,67 <sup>NS</sup>
3	Milho +Braquiária	14.050 a	120,25 a	13,45 <sup>NS</sup>	45,90 <sup>NS</sup>	6,97 <sup>NS</sup>
4	Trigo	4.897 d	95,25 b	11,40 <sup>NS</sup>	46,60 <sup>NS</sup>	6,70 <sup>NS</sup>
5	Canola	3.740 e	125,50 a	12,70 <sup>NS</sup>	46,82 <sup>NS</sup>	6,35 <sup>NS</sup>
6	Trigo	4.352 de	96,25 b	11,37 <sup>NS</sup>	46,55 <sup>NS</sup>	6,75 <sup>NS</sup>
7	Girassol	7.179 c	123,00 a	12,52 <sup>NS</sup>	46,62 <sup>NS</sup>	6,40 <sup>NS</sup>
8	Cártamo	3.500 e	100,50 b	13,80 <sup>NS</sup>	46,35 <sup>NS</sup>	6,47 <sup>NS</sup>
9	Trigo	4.846 d	98,25 b	11,32 <sup>NS</sup>	46,32 <sup>NS</sup>	6,55 <sup>NS</sup>
10	Nabo Forrageiro	6.308 c	100,75 b	12,80 <sup>NS</sup>	47,00 <sup>NS</sup>	6,42 <sup>NS</sup>
11	Níger	3.885 e	102,25 b	12,70 <sup>NS</sup>	46,90 <sup>NS</sup>	6,85 <sup>NS</sup>
12	Trigo	3.572 e	99,50 b	12,65 <sup>NS</sup>	46,55 <sup>NS</sup>	6,62 <sup>NS</sup>
13	Crambe	4.836 d	102,00 b	13,31 <sup>NS</sup>	47,02 <sup>NS</sup>	6,60 <sup>NS</sup>

ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

No ano agrícola 2011/2012 o número de vagens por planta de soja variou de 41,5 a 46,35 vagens e no ano agrícola 2012/2013 esta variação foi de 46,32 a 47,02 (Tabelas 2 e 3). O número de vagens por planta é uma característica importante nos componentes de produção, sendo diretamente influenciada pelos fatores que afetam o crescimento e ramificação da planta, bem como pelas condições climáticas durante a floração e início da formação de vagens. O potencial genético e fisiológico da soja, considerando-se uma planta isolada, tem possibilitado a produção de grande número de vagens por planta, embora em condições de lavoura comercial, o número de vagens por planta é bem menor, devido à competição entre planta e pelas variações das condições climáticas, sendo que normalmente, as variedades apresentam em torno de 30 a 70 vagens por planta (MANCIN et al., 2009).

Brandt et al. (2006), não verificaram diferença estatística no número de vagens por planta da variedade BRS 133 no município de Dourados em um Latossolo Vermelho distroférrico, em sistemas de rotação de culturas no ano agrícola 2000/01, e obtiveram número médio de 35 vagens. Mancin et al. (2009), trabalhando também no município de Dourados com a variedade Coodetec 202 não encontrou diferença estatísticas no número de vagens por planta de soja encontrando uma média geral de 42 vagens por planta. Pedroso (2011) não verificou diferenças significativas para número de vagem da soja, estudando o desempenho agrônômico em sucessão com espécies oleaginosas.

Marchiori et al. (1999), em pesquisa desenvolvida com a variedade IAC 12 obtiveram entre as culturas antecessoras, uma variação de 24 a 82 vagens por planta, em função da época de semeadura. Görgen et al. (2010) relataram maior número de vagens em plantas submetidas ao tratamento com palha de *B. ruziziensis*, no entanto, o rendimento foi inferior quando comparado ao solo sem cobertura vegetal. Os autores atribuíram este fato a menor população de plantas na presença da braquiária.

O número de ramificações por planta de soja foi semelhante nos dois anos agrícolas testados (Tabelas 2 e 3). Segundo Martins et al. (1999), o número de ramos por planta é inversamente proporcional a população de plantas. Este fato pode ser explicado, provavelmente, pela competição que ocorre entre as plantas de soja, pelos

fatores de crescimento do ambiente, especialmente pela luz, ou seja, em maiores densidades de plantas, devido ao número excessivo de plantas na linha, ocorre menor disponibilidade de produtos da fotossíntese para o crescimento vegetativo das plantas na forma de ramificações, sendo estes preferencialmente, destinados ao crescimento em altura da haste principal. No caso deste experimento, não houve diferenças no estande de soja nos dois anos agrícolas avaliadas o que também não proporcionou diferenças no número de ramificações por planta.

Tabela 4. Valores médios da massa de 100 grãos (g), produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e produtividade relativa (%) para a cultura da soja, da cultura da soja em função das culturas antecessoras. Ano Agrícola 2011/2012.

Tratamento	Cultura antecessora	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Produtividade relativa (%)
1	Pousio	13,95 c	2.347 bc	94,14
2	Milho	14,91 bc	2.493 abc	100,00
3	Milho +Braquiária	15,54 b	2.647 ab	106,17
4	Trigo	14,25 bc	1.993 c	79,92
5	Trigo	14,38 bc	1.978 c	79,35
6	Girassol	15,07 bc	2.652 ab	106,37
7	Canola	17,25 a	2.963 a	118,85
8	Trigo	14,00 c	2.026 c	81,25
9	Nabo Forrageiro	14,80 bc	2.521 abc	101,10
10	Cártamo	15,15 bc	2.592 ab	101,10
11	Trigo	14,01 c	1.997 c	80,10
12	Crambe	14,90 bc	2.480 abc	99,45
13	Níger	15,03 bc	2583 ab	103,61

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. ( $p < 0,05$ ).

A produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e a massa de 100 sementes (g) foram significativamente diferentes entre os tratamentos para os anos agrícolas 2010/2011 e 2012/2013 entre os sistemas de rotação de culturas (Tabelas 4 e 5). Isso indica que sistemas de rotação de culturas envolvendo milho, milho + braquiária, girassol, canola, nabo forrageiro, níger, cártamo, crambe, trigo e pousio, usados como resteva de inverno, mostraram efeitos diferenciados sobre a produtividade da soja.

O maior valor para massa de 100 grãos, em ambos os anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013 foi verificado na soja semeada em sucessão a cultura da canola (Tratamento 7, ano agrícola 2011/2012 e Tratamento 5, ano agrícola 2012/2013) com 17,25 e 17,15 gramas, respectivamente (Tabelas 4 e 5). Resultados obtidos no ano de

2000/2001 por Brandt et al. (2006) observaram diferenças para a massa de 100 grãos entre os tratamentos de rotação, sendo o maior valor para massa de 100 grãos verificado na soja semeada sobre a cultura do sorgo, com 15,65 gramas. Segundo Carvalho et al. (2004), dos componentes de produção, a massa de grãos é o que sofre menor efeito decorrente de alterações no ambiente de cultivo, provavelmente pelo objetivo biológico principal da planta ser a perpetuação da espécie.

Tabela 5. Valores médios da massa de 100 grãos (g), produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e produtividade relativa (%) para a cultura da soja, da cultura da soja em função das culturas antecessoras. Ano Agrícola 2012/2013 - Ponta Porã – MS, 2013.

Tratamento	Cultura antecessora	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade relativa (%)
1	Pousio	16,51 ab	3.142 bc	99,84
2	Milho	15,60 b	3.147 bc	100,00
3	Milho +Braquiária	16,77 ab	3.294 abc	104,65
4	Trigo	16,04 ab	2.840 c	90,23
5	Canola	17,15 a	3.747 a	119,06
6	Trigo	15,97 ab	2.845 c	90,40
7	Girassol	16,40 ab	3.464 ab	110,05
8	Cártamo	16,94 ab	3.247 bc	103,17
9	Trigo	16,08 ab	2.837 c	90,14
10	Nabo Forrageiro	16,35 ab	3256 c	103,45
11	Níger	15,78 ab	3.076 bc	97,73
12	Trigo	16,04 ab	2.863 c	90,95
13	Crambe	16,17 ab	3.140 b	99,75

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Apesar de neste trabalho a massa de 100 grãos, ter um comportamento semelhante ao da produtividade, não devemos relacioná-las, pois, apesar da massa de 100 grãos ser um componente de produção, as condições favoráveis para o aumento do tamanho do grão nem sempre é as mesmas para a produção. Apesar da contribuição da massa e do tamanho do grão para a produção, existem outros fatores influenciadores, tais como o número de sementes produzidas (NAKAGAWA et al., 1983; MEDINA et al., 1997).

A produtividade da soja teve comportamento semelhante nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013 quanto à cultura antecessora (Tabela 4 e 5), porém as maiores médias de produtividade em todas os tratamentos estudados, se deu no ano agrícola 2012/2013. A ausência de chuvas ocorrida no final do mês de dezembro e início do mês de janeiro no ano agrícola 2011/2012 não foi o suficiente para atender a necessidade da

cultura da soja que é cerca de 7 a 8 mm dia<sup>-1</sup> durante a floração e enchimento de grãos (FARIAS et al., 2007).

Confalone e Dujimovich (1999) evidenciam que a ocorrência de déficit hídrico no final do período reprodutivo causam reduções drásticas no rendimento de grãos, sendo a ocorrência de déficit hídrico durante o período de enchimento de grãos mais prejudicial do que durante a floração. Tais déficits provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento dos estômatos e o enrolamento de folhas, e como consequência, aumentam a queda prematura de flores e ocasionam o abortamento e mal granação de grãos. Outro aspecto que deve ser considerado em relação à diferença de produtividade de grãos de soja nos anos agrícolas estudadas, além do veranico ocorrido no final do mês de dezembro e início do mês de janeiro do ano agrícola 2011/2012, é o tempo de implantação do Sistema Plantio Direto. O experimento foi implantado no outono/inverno de 2010, portanto, na semeadura do ano agrícola 2011/2012 o sistema estava com 1,5 anos de implantação e na semeadura do ano agrícola 2012/2013 estava com 2,5 anos de implantação.

Uma das características marcante do sistema plantio direta é o crescente aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial do solo com o decorrer dos anos de utilização deste sistema (SÁ et al., 2001). A ausência do uso de máquinas e implementos no preparo do solo, bem como a quantidade e qualidade, tanto dos resíduos das culturas de interesse econômico em rotação/sucessão, como das plantas de cobertura ao longo dos anos, acarretam um aumento gradual no teor de matéria orgânica, notadamente na camada superficial de 0 a 10 cm (VELASQUEZ et al., 2007).

Em ambos os anos agrícolas, a maior produtividade foi obtida quando a canola foi utilizada como cultura antecessora com 2963 (Tratamento 7) e 3747 kg ha<sup>-1</sup> (Tratamento 5), com uma produtividade relativa quando comparada a sucessão soja/milho de 118,85% e 119,06%, para os anos 2011/2012 e 2012/2013 respectivamente (Tabela 4 e 5).

Apesar das maiores médias de produtividade na sucessão canola/soja, vários estudos tem relatado o comportamento alelopático de canola envolvendo extratos aquosos da planta em testes de bioensaios (CASTRO et al., 1983; WU et al., 1999; TREZZI, 2002; RIZZARDI et al., 2008), porém, com poucas informações sobre seus efeitos em condições naturais, em sistemas de produção com sucessão canola/soja. As

Indicações Técnicas da Cultura da Canola vem orientando os agricultores no sentido de manter um intervalo entre a colheita de canola e a semeadura de soja, prevendo a possibilidade de prejuízos decorrente da alelopatia (TOMM, 2009). Por outro lado, o mesmo autor afirma que a canola representa uma espécie importante em sistemas de rotação de culturas, seja pela quebra no ciclo de doenças e ou ciclagem de nutrientes para aquelas subsequentes de verão, como a soja. Neste trabalho, o intervalo entre a colheita da canola e a semeadura da soja em ambos os anos agrícolas, foi de no mínimo 45 dias, o que provavelmente amenizou o possível efeito alelopático sobre a cultura da soja.

Neste trabalho, destaca-se também a produtividade da soja quando semeada após a cultura do girassol, 2.963 kg ha<sup>-1</sup> (Tratamento 6) no ano agrícola 2011/2012 (Tabela 3) e 3.464 kg ha<sup>-1</sup> (Tratamento 7) no ano agrícola 2012/2013 e após a sucessão milho + braquiária (Tratamento 3), com 2.647 kg ha<sup>-1</sup> no ano agrícola 2011/2012 e 3.294 kg ha<sup>-1</sup> no ano agrícola 2012/2013 (Tabelas 4 e 5). As menores produtividades obtidas quando analisado a cultura antecessora na produtividade da soja ficaram com a sucessão trigo/soja em ambos os anos agrícolas. Na safra agrícola 2011/2012 a produtividade desta rotação variou de 1993 (produtividade relativa de 79,92%) a 2.026 kg ha<sup>-1</sup> (produtividade relativa 81,25%) e no ano agrícola 2012/2013 de 2.837 (produtividade relativa 90,14%) a 2.863 kg ha<sup>-1</sup> (produtividade relativa 90,95%).

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

No ano agrícola 2000/2001 resultados semelhante foram observado por Brandt et al. (2006), com a variedade BRS 133, pois houve diferença estatística com maior produtividade de grãos, no tratamento em que a soja foi semeada em sucessão ao milheto, produzindo 2.799 kg ha<sup>-1</sup>.

Mancin et al. (2009) avaliando sete sistemas de rotação de culturas utilizando sete sistemas de rotação de culturas utilizando ervilhaca peluda, aveia preta, nabo forrageiro e ausência de cobertura de primavera com a cultura da soja, por 2,5 anos de avaliação, não obtiveram diferenças de produtividade. Segundo os autores no ano agrícola 2005/2006 a produtividade de grãos foi prejudicada pela ocorrência de veranicos nos meses de janeiro e fevereiro, associado com altas temperaturas na fase de formação de vagens e enchimentos de grãos, sendo mais afetadas as variedades precoces, entre elas a Coodetec 202, utilizada no trabalho.

Santos et al. (1998), nos anos agrícolas de 1984 à 1989, observaram efeitos significativos do tipo de sucessão com relação a produtividade de grãos, altura de plantas e de inserção de primeira vagem, indicando que sistemas de rotação de culturas envolvendo aveia branca, cevada, linho e trigo, usados como resteva de inverno, mostraram efeitos diferenciados sobre a soja, nessas variáveis. Já no ano agrícola de 1990 à 1993, não detectaram diferenças significativas entre as médias dos anos no número de vagens e de grãos, peso de grãos por planta, população final de plantas, altura de plantas e de inserção de primeiras vagens, além do rendimento de grãos, sendo a diferença entre a maior e a menor produtividade de  $166 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Quanto ao estudo da estabilidade dos sistemas de rotação de culturas, quando se soma as produtividades de soja produzidas nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013, destaca-se as produções de soja acumuladas no tratamento 7 com uma produção de grãos de soja de  $6.428 \text{ kg ha}^{-1}$ , tratamento 3 com uma produção de soja acumulada de  $5.941 \text{ kg ha}^{-1}$ . As menores produções de soja acumuladas nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013 foram verificadas nos tratamentos 4 e 11 com  $4.834$  e  $5.073 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente (Tabelas 4 e 5).

Cabe ressaltar, que a sucessão adotada pela maioria dos produtores de grãos (rotação 2) foi o 6º no ranking de produção de soja acumulada nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013, com uma diferença de produtividade acumulada nos dois anos agrícolas de  $786 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $13,11$  sacas  $\text{ha}^{-1}$ ).

## Conclusões

1. A cultura antecessora à soja pode interferir na produtividade de grãos, sendo mais positiva para à sequencia, canola/soja, milho + braquiária/soja e girassol/soja.
2. A maior produtividade de grãos de soja foi obtida na rotação de culturas, quando a cultura antecessora semeada no outono/inverno foi a cultura da canola.
3. A soja semeada em sucessão ao trigo apresenta menor produtividade de grãos.

## Bibliografia

- ALMEIDA, F.S. **A alelopatia e as plantas**. Circular 53, Londrina, IAPAR, 60p. 1988.
- 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.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; FLECK, N.G.; BORTOLINI, C.G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.36, p.851-860, 2001.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.
- BORÉM, A.. Escape gênico: os riscos do escape gênico da soja no Brasil. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 10, p. 101-107, 2000.
- BRACCINI, A. de L. E.; BRITO, C. H. de; PÔNZIO, J. B.; MORETTI, C. L.; LOURES, E. G. Efeito da aplicação de resíduos orgânicos com diferentes relações C/N sobre algumas características químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 42, n. 244, p. 671-684p. 1995.
- BRANDT, E. A.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MARCHETTI, M. E. Desempenho agrônômico de soja em função da sucessão de culturas em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotenologia**, v. 30, n. 5, p. 869-874, 2006.
- CALEGARI, A. Espécies para cobertura de solo. In: DAROLT, M.R. (Coord.). **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: Iapar, 1998. p.65-94. (Circular, 101).

CARTER, J. L.; HARTWING, E. E. The management of soybeans. In: NORMAN, A. G. (Ed.). **The soybean**. New York: Academic, 1962.

CARVALHO, A. M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2000. 20p. (Boletim de Pesquisa, 11).

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

CASTRO, P. R. C.; RODRIGUES, J. D.; MORAIS, M. A.; CARVALHO, V. L. M. Efeitos alelopáticos de alguns extratos vegetais na germinação do tomateiro. **Planta Daninha**, Viçosa, v.2, n.2, p.79-85, 1983.

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

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

DA ROS, C. O.; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A. e PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 241-247, 1997.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Iapar, 1992. 80p. (Circular, 73).

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F .X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, p. 761-773, 1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Soja. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2012 e 2013**, Londrina, 2011, 261 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.

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

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M. e GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 459-467, 2000.

- FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para produção agrícola sustentável no Paraná**. Embrapa Soja: Londrina: Embrapa Soja. Documento/Embrapa Soja IS SN 1516-781X; n 327), 2011, 52p.
- GONÇALVES, W. G.; JIMENEZ, R. L.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 67-75, 2006.
- GÖRGEN, C. A.; CIVARDI, E. A.; RAGAGNIM, V. A.; SILVEIRA NETO, A. N. da.; CARNEIRO, L. C.; LOBO JUNIOR, M. Redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja cultivada após uso do sistema Santa Fé. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.45, p.1102-1108, 2010.
- HEINZ, F.; GARBIATE, M. V.; NETO, A. L. V.; MOTA, L. H. de S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINOL, A. C. T.. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, p. 1549-1555, 2011.
- HEIZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, p.1021-1030, 1985.
- KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxa de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiana, GO, v.36, p.21-28, 2006.
- LIMA, J. D.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, R. K.; SOLIMAN, E. P.; MORAES, W. S. Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiana, GO, v.37, n.1, p.60-63, 2007.
- MANCIN, C. R.; SOUZA, L. C. F.; NOVELINO, J. O.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Desempenho agrônomico da soja sob diferentes rotações e sucessões de culturas em sistema plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v 31, n 1, p. 71-77, 2009.
- MARCHIORI, L. F. S.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, M. C.; MARTINS, M. C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 56, n. 2, p. 383-390, 1999.
- MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.
- MEDINA, P. F.; RAZERA, L. F.; FILHO, J. M.; BORTOLETTO, N. Produção de sementes de cultivares precoces de soja em duas épocas e dois locais paulistas: I. Características agrônomicas e produtividade. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.2, p.291-303, 1997.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Épocas de semeaduras da soja I. Efeitos na produção de grãos e nos componentes da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.18. n.11, p.1187-1198, 1983.

PAES, J. M.V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C. H. e LOUDES, E. G. De composição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **Revista Ceres**, v. 43, p. 337-392, 1996.

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

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C. & SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 713-721, 1998.

RIBEIRO JR, J. I. **Análises Estatísticas no SAEG**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2001.

RIZZARDI, M. A.; NEVES, R.; LAMB, T. D.; JOHANN, L. B. Potencial alelopático da cultura da canola (*Brassica napus* L. var. *Oleifera*) na supressão de picão-preto (*Bidens* sp) e soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.14, n.2, p.239-248, 2008.

SÁ, J. C.M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a **Brazilian Oxisol**. **Soil Science Society American Journal**, v.65, p.1486-1499, 2001.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SANDINI, I. **Efeitos de sucessões de culturas em plantio direto sobre a soja cultivada em sistemas de rotação de culturas, durante dez anos, em Guarapuava, PR**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 22., 1994, Cruz Alta. **Soja: resultados de pesquisa 1993/1994**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, . p.113-118, 1994.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; WOBEDO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.33, n.3, p.289-295, 1998.

SANTOS, H. P. dos; ROMAN, E.S. Efeitos de culturas de inverno e rotações sobre a soja cultivada em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.7, n.1, p.59-68, 2001.

SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; TOMM, G.O.; AMBROSI, I. **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 39p. (Embrapa Trigo. Documentos, 45).

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

SIDIRAS, N. E PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, p.249-254, 1985.

SODRE FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R. e CARVALHO, A. M. Produção de Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.4, 2004.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de; ANDRADE, M. J. B. A. de; SILVA, C. A.; PEREIRA, J. M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária na semeadura direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy** , v.31, p.647-653, 2009.

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos. **Tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 41p. 2009.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C .; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.609-618, 2005.

TREZZI, M. M. **Avaliação do potencial alelopático de genótipos de sorgo**. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, p.3066-3080, 2007.

WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. Crop cultivars with allelopathic capability. **Weed Research**, New York, v.39, n.1, p.171-180, 1999.

YOKOMIZO, G. K. **Interação genótipos x ambientes em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão**. 1999. 170 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luis deQueiroz , Piracicaba, 1999.

Anexo 1. Valores médios dos atributos químicos do solo para cada sistema de rotação de culturas, no ano de 2013.

Sistema de Produção	MO	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H + Al	CTC	V (%)
	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>				Cmol dm <sup>-3</sup>			
1	41,77	5,8	3,2	0,29	0,0	4,6	2,19	5,7	12,8	61
2	44,86	5,6	3,4	0,39	0,1	5,9	2,40	5,9	14,6	59
3	42,38	5,4	3,1	0,34	0,0	5,1	2,64	4,7	12,8	64
4	37,26	5,6	3,1	0,21	0,1	3,9	2,93	4,1	11,1	58
5	45,36	5,3	3,6	0,34	0,2	4,7	3,2	5,3	13,5	64
6	39,41	5,7	2,9	0,26	0,0	4,5	2,7	5,9	13,4	53
7	43,25	5,6	3,8	0,39	0,0	6,1	3,4	6,1	16,0	64
8	41,21	5,4	3,5	0,35	0,1	6,9	3,8	5,4	16,5	67
9	35,23	5,5	3,4	0,29	0,1	5,1	4,7	5,9	16,0	59
10	43,62	5,6	3,7	0,33	0,3	4,3	3,8	4,3	12,7	62
11	44,71	5,7	3,5	0,32	0,1	6,7	3,4	5,7	16,1	65
12	39,97	5,4	3,3	0,31	0,0	4,3	3,1	5,9	13,6	60
13	41,36	5,9	2,7	0,38	0,2	5,7	2,5	4,0	12,6	63

Anexo 2. Análises de variância de produtividade, altura de planta, inserção da primeira vagem, massa seca, massa de mil grãos e peso hectolitro da cultura da soja em função das culturas oleaginosas antecessoras. Ano Agrícola 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013.

Fator de variação	Quadrados médios					
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	DMS
Produção	9076,90	419034,61	49584,86	9,31	8,45**	552,64
Altura de planta	35,47	435,26	37,14	6,04	11,72**	15,12
Inserção da 1ª vagem	4,22	2,14	3,15	11,58	0,68 <sup>ns</sup>	4,40
Massa Seca da soja	172560,91	3833569,63	356655,31	8,06	10,75**	1482,16
Massa de mil grãos	11,306	331,81097	23,17	3,24	14,32**	11,95
Peso Hectolitro	146,92	1271,91	56,14	1,01	22,66**	18,59
Número Vagem	8,96	5,46	6,12	5,61	0,8927 <sup>ns</sup>	6,14
Número Ramificação	0,045	0,06	0,04	3,13	1,73 <sup>ns</sup>	0,47

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns - não significativo; CV (%) - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa.

Anexo 3. Análises de variância de produtividade, altura de planta, inserção da primeira vagem, massa seca, massa de mil grãos e peso hectolitro da cultura da soja em função das culturas oleaginosas antecessoras. Ano Agrícola 2012/2013 - Ponta Porã – MS, 2013.

Fator de variação	Quadrados médios					
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	DMS
Produção	58220,29	290395,02	37534,39	6,15	7,74**	480,82
Altura de planta	2,58	506,11	23,51	4,62	21,52**	12,03
Inserção da 1ª vagem	0,58	2,16	1,04	8,04	2,069 <sup>ns</sup>	2,54
Massa Seca da soja	390116,75	3968985,90	430968,75	6,68	9,20**	1629,27
Massa de mil grãos	0,83	85,64	31,03	3,41	2,75*	13,82
Peso Hectolitro	444,60	805,98	263,57	2,19	3,05*	40,29
Nº Vagem	33,85	31,09	32,75	12,56	0,95 <sup>ns</sup>	14,20
Nº Ramificações	0,13	0,14	0,10	4,89	1,34 <sup>ns</sup>	0,80

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns - não significativo; CV (%) - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa.

## **CAPITULO II**

### **DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

**ROGÉRIO GUERINO FRANCHINI**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

# DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO

Rogério Guerino Franchini

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

## Resumo

O objetivo do presente trabalho foi de avaliar o desempenho agronômico do milho em diferentes sucessões de culturas em sistema plantio direto. O experimento foi realizado no ano agrícola de 2009/2010 (safrinha) e 2010/2011 (safra), na área experimental da AGRAER/CEPAI (Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural/Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati), no município de Ponta Porã, Estado do Mato Grosso do Sul. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. A análise de variância indicou diferença significativa para a altura de planta de (m), massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) massa de mil sementes (g) e peso hectolitro (g) e produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da cultura do milho plantado no verão, diferiram estatisticamente entre os sistemas de rotação de culturas. As maiores alturas de planta de milho foram obtidas com as sucessões níger/milho com 212,25 cm, seguida pelo crambe 208,25 cm e pousio com 203,75 cm. As menores alturas de plantas de milho foram das sucessões milho/milho com 187,75 cm e nabo forrageiro/milho com 199,50 cm. O milho semeado após o níger apresentou na média maior acúmulo de fitomassa na parte aérea do milho ( $9.995 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Quando a cultura antecessora ao milho foi a canola e o nabo forrageiro a produção de fitomassa da parte aérea do milho foi de  $9.075 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $9.055 \text{ kg ha}^{-1}$ . O milho semeado após a cultura do níger apresentou maior peso médio de mil grãos (308,17 g). As maiores produtividades de milho semeado no verão foram obtidos nas sucessões níger/milho, nabo forrageiro/milho e canola/milho com produções de 6.850, 6.535 e  $6.468 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

**Palavras chaves:** rotação de cultura, oleaginosas, *Zea mays*.

# AGRONOMIC PERFORMANCE OF MAIZE IN DIFFERENT SUCCESSIONS OF CROPS ON TILLAGE SYSTEM

Rogério Guerino Franchini

Adviser: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

## Abstract

The objective of the present work was to evaluate the agronomic performance of maize in different successions of crops on tillage system. The experiment was accomplished in the agricultural year of 2009/2010 (autumn/winter crop) and 2010/2011 (summer crop) on experimental area of AGRAER/CEPAI (Agency of agricultural development and Rural Research Center/Extension of the settlement Itamarati), in the municipality of Ponta Porã/MS. The experimental design was of randomized blocks with nine treatments and four replicates. Analysis of variance indicated significant differences in plant height (m), dry mass ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) mass of 1.000 seeds (g) and weight/HL (g) and grain productivity ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) the culture of corn planted in the summer, differed statistically among the crop rotation systems. The greater heights of corn plant were obtained with inheritances Niger/corn with 212.25 cm, followed by crambe 208.25 cm and fallow with 203.75 cm. The smallest heights of corn plants were successions corn/maize with 187.75 cm and forage turnip/corn with 199.50 cm. Corn seeded after the Niger presented on greater average accumulation of phytomass in aerial part of corn ( $9,995 \text{ kg ha}^{-1}$ ). When the predecessor culture of maize was the forage turnip and canola production the phytomass of aerial part of corn was  $9.075 \text{ kg ha}^{-1}$  and  $9.055 \text{ kg ha}^{-1}$ . Corn seeded after the culture of Niger showed the highest average weight of thousand grains (308.17 g). The highest yields of corn sown in the summer were obtained in succession, corn forage turnip/Niger/maize/corn and canola with 6,850 productions, 6,535 and  $6,468 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectively.

Key words: crop rotation, oilseeds, *Zea mays*.

## **Introdução**

Atualmente o Brasil possui quase 50% de toda área cultivada em sistema de semeadura direta (CONAB, 2013), em que não há revolvimento do solo para preparo da área para a semeadura. Esse sistema, iniciado no início da década de 70 e ampliado de forma mais efetiva nos últimos 15 a 20 anos, fundamenta-se na produção de grande quantidade de fitomassa vegetal para cobertura de solo, na prevenção da erosão hídrica, na conservação e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo e no aumento de sua capacidade de armazenamento de água.

Ao longo dos anos tem observado que o sistema de plantio predominante no Brasil incluem os cultivos de soja na primavera/ verão, e de milho na semeadura de outono/inverno no verão, predominantemente, com alguma variação, principalmente de semeadura de outono/inverno em que o milho é substituído pelas culturas de algodão, feijão e oleaginosas de estação fria. A sequência, a periodicidade de uso e a adequação dessas culturas variam de produtor a produtor e de região para região do Brasil.

A semeadura direto apresenta diversas vantagens em relação aa semeadura convencional, podendo ser ressaltadas como principais o controle de erosão (MUZILLI , 1981; DICK, 1983; MEDEIROS, et al., 1994), a manutenção da umidade, o controle de plantas daninhas, a melhoria nos atributos físicos (CARPENEDO E MIELNICZUCK, 1990), nas propriedades químicas e biológicas do solo (BRAGAGNOLO E MIELNICZUK, 1990; FLOSS, 2000) e nas condições fitossanitárias da cultura.

Além disso, o não revolvimento do solo e a manutenção da palhada na superfície resultam em menor velocidade de decomposição e menor liberação de nutrientes, quando comparados ao revolvimento do solo e à incorporação da palhada, sendo fator relevante para a atividade microbiana (GAILLARD et al., 1999). Considera-se que a condição ideal é aquela em que o solo tenha sempre uma espécie de planta se desenvolvendo, determinando alto fluxo de carbono e de energia no sistema solo-planta-atmosfera, para beneficiar as suas qualidades físicas, químicas e biológicas.

Porém, para sustentabilidade do sistema de semeadura direta é fundamental a sua associação a um sistema de rotação e de sucessão de culturas diversificado, que

produza adequada quantidade de resíduos culturais na superfície do solo. O seu uso objetiva não apenas uma mudança de espécies, mas sim a escolha de uma sequência apropriada e de práticas culturais que atendam às suas necessidades e características nos aspectos edafoclimáticos e de ocorrência de plantas daninhas, de pragas e de moléstias.

Entende-se como rotação de culturas, a alternância regular e ordenada no cultivo de diferentes espécies vegetais, em sequência temporal numa determinada área. A utilização de rotação de culturas em manejos conservacionistas mostrou-se indispensável desde o início das investigações do sistema plantio direto.

A escolha da espécie que será semeada em sucessão é também determinante no sucesso do sistema plantio direto (ARGENTA et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002). Segundo Ceretta et al. (2002), o sucesso do sistema plantio direto, depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano, o que significa que áreas destinadas às culturas de primavera-verão, não devem permanecer em pousio durante o inverno. As espécies utilizadas na rotação do solo no período de safrinha na Região do Cerrado devem apresentar rusticidade, crescimento inicial rápido e alta produção de biomassa na época da seca (CARVALHO E SODRÉ FILHO, 2000).

A maioria dos produtores de grãos do Estado do Mato Grosso do Sul adota a semeadura direta. Para assegurar sua sustentabilidade, é fundamental sua associação a um sistema de rotação, e sucessão de culturas diversificado, que produza adequada quantidade de resíduos culturais na superfície do solo. Entre as vantagens da utilização de sistemas apropriados de rotação e de sucessão de culturas, destacam-se a estabilidade de rendimento de grãos, a diminuição da infestação de plantas daninhas, a alternância na forma de extração de nutrientes com uso de espécies com diferentes sistemas radiculares, manutenção ou melhoria das condições físicas do solo e a quebra de ciclo de pragas e doenças.

Especialmente a partir da década de 90, observou-se o aumento da incidência e da severidade de algumas doenças fúngicas foliares, causando sensível redução qualitativa e quantitativa na produção de milho (PINTO, 2004). Tal aumento tem sido atribuído a vários fatores, como: o aumento da área cultivada; o aumento do número de cultivares comercial com diferentes níveis de resistência às doenças cultivos sucessivos de milho (safra e safrinha); monocultura; plantios consecutivos de milho durante o ano todo, irrigação sem critérios técnicos; e sistema de plantio direto na

ausência de rotação de cultura (PINTO et al., 1997). Dentre essas doenças, está a mancha foliar provocada por *Phaeosphaeria maydis*, as ferrugens provocadas por *Puccinia sorghi*, *Puccinia polysora* e *Phyzopella zea* a queima de turcicum (*Exserohilum turcicum*) e a hemintosporiose provocada por *Exserohilum turcicum* (*Helminthosporium turcicum*, *Setosphaeria túrcica*).

O milho plantado na safra de verão, por suas características fisiológicas e pelo manejo que vem sendo adotado em grande parte das propriedades, pode ser muito beneficiado por um sistema adequado de rotação e sucessão de culturas.

O rendimento médio de grãos de milho semeado na safra (primavera/verão) é inferior a 8 Mg ha<sup>-1</sup> no Estado do Mato Grosso do Sul (CONAB, 2013). Este rendimento de grãos é baixo quando comparado a rendimentos de 15,0 e 15,9 Mg ha<sup>-1</sup>, obtidos em condições experimentais (ARGENTA et al., 2003). As principais causas da baixa produtividade são a deficiência hídrica que em períodos críticos de desenvolvimento da cultura, altas temperaturas noturnas e o inadequado nível de manejo, como uso insuficiente de fertilizantes e de densidade de plantas.

Com a evolução do sistema de semeadura direta, novas técnicas de manejo são exigidas para aumentar o rendimento de grãos de milho, sem elevar o custo de produção. Entre estas, está o uso de espécies de cobertura de solo no inverno com capacidade de fixação e/ou reciclagem de nutrientes e que confirmam maior proteção ao solo.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar o desempenho agrônômico do milho em diferentes sucessões de culturas em sistema plantio direto.

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2010 (safrinha) e 2010/2011(safra), na área experimental da AGRAER/CEPAI (Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural/Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati), no município de Ponta Porã, Estado do Mato Grosso do Sul, latitude 22°32'S e 55°43'W e altitude de 595 metros. O clima, de acordo com a classificação de Koppen é Cwa (clima úmido, com inverno seco e verão quente). 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 é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, textura muito argilosa originalmente sob vegetação de cerrado.

Os dados de temperatura máxima, mínima e média mensal e da precipitação pluviométrica acumulada, por decêndio durante o desenvolvimento do experimento, estão representados na Figura 1.

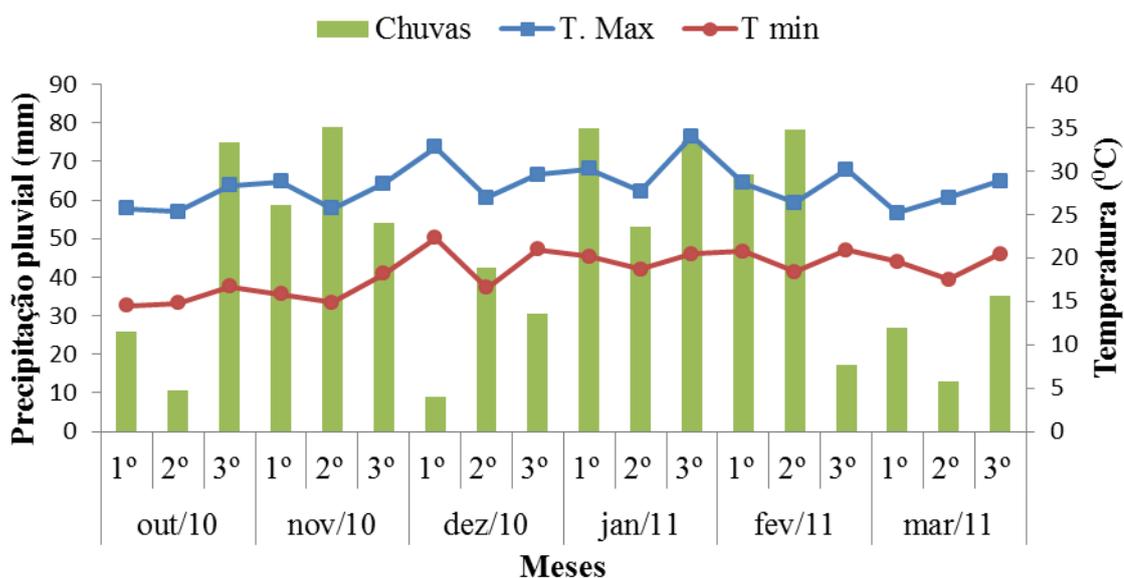


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2010/11) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS. Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS.

O solo predominante no local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf), textura muito argilosa originalmente sob vegetação de cerrado. O relevo é plano e suavemente ondulado.

A área onde se instalou o experimento, anteriormente era cultivada com pastagens a pelo menos 20 anos. Antes da implantação do experimento foi realizada análise do solo que indicou a necessidade da aplicação de três toneladas por hectare de calcário dolomítico, que foi aplicado a lanço sobre a superfície do solo e incorporado com auxílio de uma gradagem pesada e duas gradagens niveladoras, no mês de outubro de 2009.

O delineamento experimental foi constituído em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. As parcelas mediram 15 metros de comprimento por 9,00 metros de largura (135,00 m<sup>2</sup>) e foram semeadas mecanicamente 10 linhas de espaçadas 0,90 m entre si. Os tratamentos consistiram de nove sistemas de rotação de

culturas, envolvendo diferentes espécies vegetais, semeadas no outono/inverno do ano agrícola 2010/11 (safrinha), antecessoras à cultura do milho. Na Tabela 1 estão dispostas às sequências de rotação de culturas por tratamento.

O milho híbrido 2B433Hx (safrinha) foi semeado na 1ª quinzena do mês de março e as demais culturas (canola - variedade Yola 61, nabo forrageiro, cártamo, níger, crambe cultivar FMS Brilhante, girassol variedade Embrapa 122 / V-2000 e trigo variedade BRS 264) na 1ª quinzena do mês de abril. Para todas as culturas de inverno utilizou-se uma adubação de 220 kg ha<sup>-1</sup> do formulado (N-P-K) 08-20-20.

Não foi utilizado adubação de cobertura com nitrogênio em nenhuma cultura de outono/inverno. Os espaçamentos utilizados foram de 0,90 metros para o milho e girassol, 0,45 metros para canola, cártamo, níger, crambe e de 0,22 metros para o trigo. Na parcela de pousio houve o desenvolvimento de vegetação espontânea.

Tabela 1. Sistemas de rotação e sucessão de culturas com espécies de verão, outono/inverno e primavera com ênfase para soja, no período de Outono/2010 a Verão 2013.

Tratamento	Ano agrícola 2010	Ano agrícola 2010/2011
	Out/inv.	Verão
1	Pousio*	Milho
2	Girassol	Milho
3	Canola	Milho
4	Milho	Milho
5	Nabo Forrageiro	Milho
6	Cártamo	Milho
7	Crambe	Milho
8	Níger	Milho
9	Trigo	Milho

\* Pousio - vegetação espontânea.

A semeadura do milho primavera/verão, variedade 2B433Hx, ocorreu na 1ª semana do mês de outubro, utilizando-se uma semeadora equipada para plantio direto, regulada para distribuir 320 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-20-20 e densidade de 6 sementes por metro linear, visando obter estande final de 60.000 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Quando as plantas de milho apresentavam seis folhas completamente desenvolvidas, realizou-se a adubação de cobertura de 60 kg de N, utilizando-se ureia como fonte de nitrogênio (45% de N), que foi colocada próximo à linha de semeadura e na superfície do solo.

A colheita das espigas de milho safrinha foi realizada manualmente e a debulha das espigas com auxílio de uma trilhadora estacionária. Toda palhada proveniente de cada repetição retornaram para sua respectiva parcela individualmente.

A colheita do milho safra foi realizada na 2<sup>o</sup> quinzena do mês de fevereiro sendo analisadas as seguintes características agronômicas:

**Altura de planta:** A altura de planta inserção da primeira espiga foi determinada com régua graduada em centímetros no momento da colheita medindo-se, ao acaso, 10 plantas por parcela. A altura de planta foi obtida medindo-se a distância entre o nível do solo até a base do pendão.

**Inserção da primeira espiga:** A inserção da primeira espiga foi determinada com régua graduada em centímetros no momento da colheita medindo-se, ao acaso, 10 plantas por parcela. A altura de inserção da primeira espiga, foi determinada pela distância entre o nível do solo e a inserção da primeira espiga.

**Massa seca da parte aérea das plantas antecessoras:** As amostragens foram realizadas no florescimento pleno, amostrando-se dentro de cada parcela por tratamento uma área de 0,5 m<sup>2</sup>, cortando as plantas rente ao solo, e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem peso constante.

**Massa de 1000 grãos:** Após a medida de produtividade de cada parcela foi efetuada a contagem de oito amostras de 1000 grãos por parcela. As amostras foram pesadas em balança de precisão com duas casas decimais. A massa de 1000 grãos foi determinada pela média das oito amostras.

**Produtividade de grãos:** Determinado após a debulha das espigas colhidas dentro da área útil de cada parcela, correspondendo a oito linhas centrais, com quatro metros de comprimento 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<sup>-1</sup>.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o aplicativo computacional SAEG (RIBEIRO JR., 2001).

## Resultados e Discussões.

A análise de variância apresentaram diferença estatística para a altura de planta de (m), massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) massa de mil sementes (g) e peso hectolitro (g) e produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da cultura do milho plantado no verão, entre os sistemas de rotação de culturas (Tabela 1). Isso indica que sistemas de rotação de culturas envolvendo pousio, girassol, canola, milho, nabo forrageiro, cártamo, crambe, níger e trigo, usados como resteva de inverno, mostraram efeitos diferenciados sobre o comportamento do milho safra.

As maiores alturas de planta de milho foram obtidas com as sucessões níger/milho com 212 cm, seguida pelo crambe 208 cm e pousio com 203 cm. As menores alturas de plantas de milho foram das sucessões milho/milho com 187 cm e nabo forrageiro/milho com 199 cm (Tabela 2). A altura de planta, altura de inserção da espiga e a massa seca são características genéticas do cultivar, que pode ser influenciado pelo ambiente, principalmente pela fertilidade do solo e pelas condições climáticas.

O milho semeado após o níger apresentou na média maior acúmulo de fitomassa da parte aérea ( $9.995 \text{ kg ha}^{-1}$ ), enquanto sob canola e nabo forrageiro foi de 9075 e 9055 respectivamente (Tabela 2). Segundo Fancelli (1988), a produção de fitomassa seca é influenciada pelo genótipo e pelas condições ambientais, sendo importante principalmente, porque os fotoassimilados armazenados no colmo da planta de milho poderão translocar para os grãos durante a fase de enchimento. Marriel et al. (2000), encontraram correlação significativa para massa seca da parte aérea no florescimento e a produção de grãos. Quando a cultura antecessora ao milho foi a canola e o nabo forrageiro a produção de fitomassa da parte aérea do milho foi de  $9.075 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $9.055 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 2).

Tomm, (2009) afirma que a canola representa uma espécie importante em sistemas de rotação de culturas, seja pela quebra no ciclo de moléstias e ou ciclagem de nutrientes para aquelas subsequentes de verão, como o milho.

Segundo Silva et al. (2007) o nabo forrageiro é uma espécie que possui potencial para aumentar a disponibilidade de N no solo. Por ser da família das *Brassicaceae*, ele não possui a capacidade de fixar  $\text{N}_2$  atmosférico, porém tem alta capacidade de extrair N de camadas mais profundas do solo, podendo chegar a  $220 \text{ kg ha}^{-1}$  de N reciclado (HEINZMANN, 1985). Outras vantagens de sua utilização

são: desenvolvimento inicial da planta muito rápido, alto rendimento de matéria seca e ciclo curto, o que viabiliza a semeadura precoce do milho em sucessão (meses de agosto e setembro). Essa espécie apresenta maior velocidade inicial de acúmulo de matérias fresca e seca em relação à aveia preta e à ervilhaca comum (JUNIOR et al., 2004; DERPSCH et al., 1991).

Tabela 2. Valores médios das variáveis: produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), altura de planta (cm), massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), inserção da espiga (cm) e massa de mil grãos (g) da cultura do milho em função das culturas oleaginosas antecessoras. Safra Agrícola 2010/2011.

<b>Cultura Antecessoras.</b>	<b>Altura de Planta Milho (cm).</b>	<b>Massa Seca Milho (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>).</b>	<b>Inserção da Espiga Milho. (cm)</b>	<b>Massa de Mil Grãos Milho. (g)</b>	<b>Produtividade Milho (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>).</b>
Pousio*/milho	206,75 ab	8064,50 cd	0,90500 <sup>ns</sup>	286,17 bc	5443,75 cd
Girassol/milho	202,75 abc	8935,00 b	0,89500 <sup>ns</sup>	291,83 abc	5797,50 bc
Canola/milho	205,75 abc	9075,00 b	0,91250 <sup>ns</sup>	301,33 ab	6468,25 ab
Milho/milho	187,75 d	6796,25 e	0,90250 <sup>ns</sup>	274,27 c	4551,25 e
Nabo Forrageiro/milho	199,50 bc	9055,25 b	0,89750 <sup>ns</sup>	300,12 ab	6535,00 ab
Cártamo/milho	205,50 abc	8882,75 bc	0,92250 <sup>ns</sup>	297,99 ab	5989,75 bc
Crambe/milho	208,25 ab	7985,75 d	0,93500 <sup>ns</sup>	290,52 abc	5970,00 bc
Níger/milho	212,25 a	9995,00 a	0,92000 <sup>ns</sup>	308,17 a	6850,50 a
Trigo/milho	203,25 abc	8338,75 bcd	0,90000 <sup>ns</sup>	277,07 c	4856,25 de
<b>CV (%)</b>	2,11	4,11	2,55	2,52	6,01
<b>MG</b>	204,92	8408,45	0,91	290,41	5688,60
<b>DMS</b>	10,41	842,26	0,06	17,85	832,69

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ );

ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade;

\*- vegetação espontânea; DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV(%): Coeficiente de variação.

O milho semeado após a cultura do níger apresentou maior peso médio de mil grãos (308 g) (Tabela 2). O peso da massa de mil grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos. Quando a cultura antecessora a semeadura do milho foi a canola, o nabo forrageiro a massa de mil grãos foi de 301 g e 300 g, respectivamente. Os menores pesos de 1000 sementes foram obtidos quando a cultura antecessora ao milho safra de verão foi o milho safrinha, trigo e pousio com 274 g, 277 g e 286 g respectivamente (Tabela 2).

As temperaturas máximas e mínimas registradas durante o ciclo da cultura do milho foram adequadas para o bom desenvolvimento da planta, considerando-se que temperaturas médias noturnas inferiores a 24 °C diminuem a respiração celular, e

quando ocorrem durante a fase de enchimento de grãos, contribuem para o maior acúmulo e translocação de fotoassimilados e, conseqüentemente, possibilitam maior deposição de matéria seca nos grãos (DOURADO NETO E FANCELLI, 2000). Nesse sentido, os efeitos proporcionados pelas rotações de culturas no peso de mil grãos, estariam muito mais relacionados a capacidade de melhorias edáficas proporcionadas pelas culturas antecessoras ao milho, do que às condições climáticas durante o desenvolvimento dessa gramínea.

Os valores do peso de mil grãos obtidos nesta pesquisa, independente das culturas antecessora, foram semelhantes aos encontrados por Argenta et al. (1999), que variaram entre 286 e 314 g. mil grãos, semeados após a ervilhaca peluda dessecada um dia antes da semeadura do milho.

As maiores produtividades de milho semeado no verão foram obtidos nas sucessões níger/milho, nabo forrageiro/milho e canola/milho com produções de 6.850, 6.535 e 6.468 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Com base nestes resultados, pode-se inferir que a palhada destas culturas antecessoras proporcionou melhores condições para o desenvolvimento do milho, com reflexos positivos na produtividade, condições, estas, que podem estar ligadas à reestruturação das condições físicas do solo e liberação mais rápida de nutrientes, como o fosforo, potássio e nitrogênio.

Bergamim, (2012) avaliou a influência da adoção das diferentes sucessões de culturas oleaginosas, sobre o intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico, concluiu que nas profundidades (0-5 e 5-10 cm) a cultura do níger em sucessão ao milho apresentou o menor valor de densidade do solo e maior de macroporosidade, mostrando que essa cultura tem potencial para melhorar o ambiente físico do solo. Esse resultado possivelmente está relacionado ao aporte de material vegetal que essa cultura proporciona ao solo, como também pela provável influência do seu sistema radicular, em reduzir à compactação. O crescimento do sistema radicular associado à atividade de microrganismos reduz à compactação, aumentando o potencial produtivo do solo (LIMA et al., 2012).

As menores produtividades obtidas sobre as rotações milho/milho (4.551 kg ha<sup>-1</sup>), trigo (4.856 kg ha<sup>-1</sup>) e pousio (5.443 kg ha<sup>-1</sup>) que pode ser explicada pela disponibilidade de nitrogênio para a planta de milho. O milho é uma cultura altamente exigente em nutriente, principalmente o nitrogênio, que é absorvido em maior

quantidade pela cultura (ARAÚJO et al., 2004). Plantas de cobertura de alta relação C/N (gramíneas) podem proporcionar redução na disponibilidade de nitrogênio para o milho, causando redução na produtividade. Segundo Araújo et al. (2004), a soja, como antecedente cultural, proporcionou aumento superior a 30% na produtividade de grãos de milho, em relação à rotação com gramínea. Neste sentido, o níger, nabo forrageiro e a canola, mesmo não sendo caracterizado como planta fixadora de nitrogênio no solo, apresenta baixa relação C/N, causando menor imobilização deste nutriente e tornando-o mais rapidamente disponível para as plantas de milho.

Torres (2008) avaliou seis plantas de cobertura: milheto, *Braquiaria brizantha*, sorgo forrageiro, guandu, *Crotalaria juncea* e aveia preta, além de uma área em pousio e da testemunha (plantio convencional), e obteve as menores produtividades do milho nas áreas de pousio, testemunha e sorgo, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos.

Em algumas situações, tem sido observada menor produtividade de milho em sucessão a aveia, ou em misturas com aveia, quando não é realizada adubação nitrogenada adequada. Neste caso, a alta relação C/N da aveia (48) pode promover alta imobilização de N no solo e redução da disponibilidade de N para o milho, quando comparado com leguminosas (GONÇALVES E CERETTA, 1999; GIACOMINI et al., 2004; STRIEDER et al., 2006; AITA et al., 2004).

A importância da rotação de culturas no sistema plantio direto também foi destacada por Lombardi-Neto et al. (2002). Em experimento realizado em Campinas-SP, em um LATOSSOLO Vermelho distrófico, estes autores observaram efeitos altamente significativos de 12 anos de rotação sobre a produtividade do milho, quando comparado ao milho contínuo, porém, a diferença na produtividade foi se acentuando ao longo dos anos.

## **Conclusões**

1. As maiores produtividades de grãos de milho foram obtidas quando a cultura antecessora foram o níger, nabo forrageiro e a canola.
2. As menores produtividades de grãos de milho foram obtidas quando semeado em monocultivo com milho ou com trigo.

## **Bibliografia**

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P.; CHIAPINOTTO, I. C.; FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I – Dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 739-749, 2004.

ARAÚJO, E. S.; MEDEIROS, A. F. A.; Dias, F. C.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; & ALVES, B. J. R.. Quantificação do N do solo derivado das raízes da soja utilizando o isótopo <sup>15</sup>N. **Revista Universidade Rural**, Seropédica, v. 24, n. 1, p. 7-12, 2004.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G.; STRIEDER, M. L.; FORSTHOFER, E. L. Efeito de sistemas de manejo da ervilhaca comum sobre a cultura do milho semeada em sucessão. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1999, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: [s.n.], 1999.

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

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FOSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L. L. . Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.109-119, 2003.

BERGAMIN, A. C. **Indicadores da qualidade estrutural de um Latossolo cultivado com oleaginosas em sistema de sucessão com soja e milho**. 2012.134 f. Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados/MS.

BRAGNOLO, N. E MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e a umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p. 89-91, 1990.

CARPENEDO, V. E MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, A.M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo** . Planaltina: Embrapa-CPAC, 2000. 20 p.(Boletim de Pesquisa, 11).

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

CONAB - **Avaliação da Safra Agrícola 20012/2013 – 13º Levantamento**. Companhia Nacional de Abastecimento. Conab, 2013. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/12ºlevsafra.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2013.

DERPSCH, R. ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Londrina: IAPAR, 1991. 272p.

DICK, W. A. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 47, p.102-107, 1983.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A. L. **Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 172 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP.

FLOSS, E.L. Benefícios da biomassa da aveia. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, v. 57, p. 25-29, maio/jun. 2000.

GAILLARD, V.; CHENU, C.; RECOUS, S.; RICHARD, G. Carbon, nitrogen and microbial gradients induced by plant residues decomposing in soil. **European Journal of Soil Science**, United Kingdom , v. 50, n. 4, p. 567-578, 1999.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HÜBNER, A. P.; MARQUES, M. G.; GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II- Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 751-762, 2004.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 307-313, 1999.

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

JUNIOR, A. A. B.. Desempenho de plantas invernais na produção de matéria e cobertura do solo sob cultivos isolado e em consórcios. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.3, n.1, p.38, 2004.

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

LOMBARDI-NETO, F.; DECHEN, S. C. F.; CONAGIN, A.; BERTONI, J. Rotação de culturas: análise estatística de um experimento de longa duração em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 127-141, 2002.

MARRIEL, I. E.; FRANÇA, G. E. de; VASCONCELOS, C. A.; GAMA, E. E. G. E.; SANTOS, M. X. dos; OLIVEIRA, A. C. Eficiência de absorção de nitrogênio e produtividade de grãos em populações de milho cultivadas sobre estresse. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. **Resumos...** Sete Lagoas: ABMS/EMBRAPA Milho e Sorgo/UFU, 2000. p. 37.

MEDEIROS, G. B. de; CALEGARI, A.; GAUDÊNCIO, C. **Rotação de culturas . Paraná, Secretaria da Agricultura e do Abastecimento.** Manual Técnico do Subprograma de Manejo e Conservação do Solo. 2. ed. Curitiba: SEAB, 1994. 372 p

MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: **Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. Plantio Direto no Paraná.** Londrina: IAPAR, 1981., p. 43-57. (CircularIAPAR23).

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

PINTO, N. F. J. A. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 134-138, 2004.

PINTO, N. F. J. A.; FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. Milho (*Zea mays* L.): Controle de doenças. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas: Grandes Culturas.** Viçosa: UFV, cap. 17, p. 821 - 863, 1997.

RIBEIRO JR, J. I. **Análises Estatísticas no SAEG.** 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2001.

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

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; RAMBO, L.; ENDRIGO, P. C. Época de aplicação da primeira dose de nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 30, p. 879-890, 2006.

TOMM, G.O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G.A.; SANTOS, H.P. dos. **Tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 41p. 2009.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo ,** Viçosa, v. 32, p. 1609-1618, 2008.

Anexo 1. Análises de variância de produtividade, altura de planta, inserção da primeira vagem, massa seca, massa de mil grãos e peso hectolitro da cultura do milho em função das culturas oleaginosas antecessoras. Safra Agrícola 2010/2011 - Ponta Porã – MS, 2013.

Fator de variação	Blocos	Tratamentos	Quadrados médios		Teste F	DMS
			Resíduo	CV (%)		
Produção	68260,69	2362278,82	119126,48	5,92	19,8300 **	830,08
Altura de planta	51,49	196,19	18,29	2,11	10,7279 **	10,41
Inserção da espiga	0,00128	0,00073	0,00058	2,65	1,2468 <sup>ns</sup>	0,058
Massa Seca	15552,91	3274349,36	127839,75	4,17	25,6129 **	859,90
Massa de mil grãos	46,56	511,88	51,72	2,46	9,8974 **	17,29
Peso Hectolitro	1220,04	1667,33	608,47	3,23	2,7402 *	59,32

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns - não significativo; CV (%) - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa.

## **CAPITULO III**

### **DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

**ROGÉRIO GUERINO FRANCHINI**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

# AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE PLANTAS OLEAGINOSAS CULTIVAS NO OUTONO/INVERNO

Rogério Guerino Franchini

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

## Resumo

Dentre as principais oleaginosas de ciclo anual que apresentam potencialidade destacam-se: Girassol, Nabo Forrageiro, Cártamo, Crambe, Canola e Níger. O experimento foi realizado na área experimental da AGRAER/CEPAI (Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural/ Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati), no município de Ponta Porã, Estado do Mato Grosso do Sul. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos (canola, cártamo, níger, crambe, nabo forrageiro e girassol) e quatro repetições. O experimento foi conduzido por três anos consecutivos (anos agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/2012). Nas três safras avaliadas foram analisadas as seguintes características agronômicas: fitomassa seca da parte aérea das plantas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), altura de planta (m), produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), massa de 1000 grãos (g), peso específico de grão (g) e teor de óleo nos grãos (%). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As maiores produções de fitomassa de matéria seca, foram obtidas com as culturas de girassol e nabo forrageiro. As maiores produções de fitomassa seca foram obtidas com a cultura do girassol e nabo forrageiro. As menores produtividades de fitomassa seca da parte aérea foram obtidas com as culturas do níger e o cártamo. Quanto a produtividade de grãos a canola obteve uma média de produtividade de  $1.506 \text{ kg ha}^{-1}$ , o cártamo foi de  $819 \text{ kg ha}^{-1}$ , o crambe  $1.026 \text{ kg ha}^{-1}$ , o níger  $760 \text{ kg ha}^{-1}$ , a canola  $1.506 \text{ kg ha}^{-1}$ , e o girassol de  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Os teores de óleo variaram entre 31,83% com o crambe a 41,08 % com o níger.

**Palavras chaves: biodiesel, culturas oleaginosas, teor de óleo, níger, cártamo, crambe.**

# AGRONOMIC ASSESSMENT OF OIL-PRODUCING PLANTS CULTURED IN AUTUMN/WINTER

Rogério Guerino Franchini

Adviser: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

## Abstract

Among the main oilseeds annual cycle that present potential include: sunflower, Forage Turnip, Crambe, safflower, Canola, and Niger. The experiment was conducted in the experimental area of AGRAER/CEPAI (Agency of agricultural development and Rural Research Center/Extension of the settlement Itamarati), in the municipality of Ponta Porã/MS. The experimental design was randomized block design with six treatments (canola, safflower, Niger, crambe, forage turnip and sunflower) and four replicates. The experiment was conducted for three consecutive years (years 2009/10 agricultural, 2010/11 and 2011/2012). In the three crops evaluated were analyzed the following agronomic characteristics: aboveground dry phytomass of plants ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), plant height (m), grain yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), 1000 grain mass (g), specific weight (g) grain and oil content in grains (%). The data were subjected to analysis of variance and averages compared by Tukey test at 5% probability. The greatest productions of phytomass of dry matter was obtained with Sunflower crops and forage turnip. The largest dry phytomass productions were obtained with the sunflower crop and forage turnip. The lowest yields of aboveground dry phytomass were obtained with cultures of Niger and safflower. As productivity of grains canola obtained a productivity average of  $1.506 \text{ kg ha}^{-1}$ , the safflower was  $819 \text{ kg ha}^{-1}$ , crambe  $1.026 \text{ kg ha}^{-1}$ , Niger  $760 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $1.506 \text{ kg ha}^{-1}$  canola, and sunflower of  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Oil levels ranged between 31.83% with crambe to 41.08% with Niger.

Key words: biodiesel, oilseed crops, oil content, Niger, safflower, crambe.

## **Introdução**

O crescente aumento da população mundial aponta para a necessidade de uma agricultura cada vez mais eficiente, direcionando para a busca da adoção de novas tecnologias que proporcionem o aumento e a melhoria da qualidade da produção agrícola. Por outro lado, questões relativas à conservação do meio ambiente e à escassez, cada vez mais acentuada, de alguns recursos naturais não permitem que, para atender à alta demanda de alimentos, simplesmente expandam-se as terras utilizadas pela agricultura e pecuária. Portanto, há necessidade de se fazer uso de novas técnicas e meios de produção agrícola compatíveis com o controle da expansão de áreas exploradas pela agricultura e com a não degradação dos recursos naturais.

Uma alternativa para a geração de energia renovável, e que apresenta grande potencial, consiste na produção de biodiesel a partir de óleo vegetal extraído principalmente de grãos de oleaginosas. Considerando que a matéria-prima para a produção de biodiesel é gerada pela agricultura, verifica-se que esta apresenta papel importante na geração de energia.

O biodiesel já vem sendo utilizado em larga escala em diversas partes do mundo, especialmente na Europa, que hoje responde por aproximadamente 90% da produção mundial. Países como Alemanha, França e Itália já possuem uma frota significativa de veículos utilizando este combustível (produzido a partir da colza), inclusive na sua versão B100, ou seja, composto de 100% de biodiesel (COELHO, 2007).

No Brasil, o primeiro incentivo ao desenvolvimento de tecnologias para produção de biodiesel se deu no ano de 2004 quando o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Este Programa tem por objetivo estimular a produção de biodiesel a partir de diversas fontes oleaginosas e em regiões diversas do território nacional, de forma sustentável, promovendo a inclusão social, além de garantir preços competitivos, qualidade e suprimento. A concepção do PNPB está baseada em uma base tecnológica que sustenta três visões: ambiental, social e mercadológica (IBICT, 2006).

O Brasil pela sua imensa extensão territorial, associada às excelentes condições edafoclimáticas, é considerado um país, por excelência, para a exploração da biomassa para fins alimentícios, químicos e energéticos. No campo das oleaginosas, as

matérias primas com potencial para a produção de óleo diesel vegetal são bastante diversificadas, e dependem da região considerada. Muitas oleaginosas podem ser citadas: mamona, dendê, soja, canola, colza, girassol, babaçu, pinhão manso, nabo oleífero, cambre, cártamo e outras, entretanto, a principal dificuldade, em se recomendar a semeadura em escala comercial de espécies oleaginosas pouco cultivadas no país deve-se, principalmente, a pouca informação de cultivo, que está associado diretamente com as adaptações das espécies às condições edafoclimáticas, incidência de pragas e doenças, produtividade, rendimento de óleo, comercialização, preço da matéria prima e o preço do biodiesel na indústria (PENELA, 2007).

A produção de biodiesel nacional encontra-se, alicerçadas em culturas anuais, principalmente de ciclo primavera/verão, faltando alternativas para o outono/inverno a fim de dar continuidade a produção de biodiesel, além de fazer o papel da rotação de cultura. As espécies escolhidas devem ter propósitos comerciais e de manutenção ou recuperação do ambiente. Para a obtenção de máxima eficiência da capacidade produtiva do solo, o planejamento de rotação deve considerar, além das espécies comerciais, aquelas destinadas à cobertura do solo, que produzam grandes quantidades de biomassa, que possibilite a produção de grãos que possam ser utilizados para diferentes atividades.

Algumas espécies já são exploradas para a produção de biodiesel, como a soja, o algodão, a mamona, sendo a soja, a matéria prima mais abundante pelo volume de produção, principalmente, na região centro sul do Brasil, mas com baixo teor de óleo, quando comparadas a outras espécies. A busca por espécies e genótipos, com alto potencial para produção de óleo, proteína, massa seca e características agronômicas desejáveis, tem levado ao estudo de espécies oleaginosas, em todo mundo. Vale ressaltar ainda que, essas novas culturas a serem inseridas no mercado, devem apresentar uma taxa de rendimento energético maior do que as produzidas atualmente, principalmente quanto ao teor de óleo.

Dentre as principais oleaginosas de ciclo curto que apresentam potencialidade destacam-se: Girassol, Nabo Forrageiro, Cártamo, Crambe, Canola e Níger. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de alguns componentes de produção das culturas de girassol, canola, cártamo, crambe e níger cultivadas no período outono/inverno no Estado de Mato Grosso do Sul.

## **Material e métodos**

Os experimentos foram realizados em 2010, 2011 e 2012, na área experimental da AGRAER/CEPAI (Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural/ Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati), no município de Ponta Porã, Estado do Mato Grosso do Sul, latitude 22°32'S e 55°43'W e altitude de 595 metros. O clima, de acordo com a classificação de Köppen é Cwa (clima úmido, com inverno seco e verão quente). A precipitação pluvial total anual da região é de 1.400 a 1.500 mm e a temperatura média anual é de 22 C°. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, textura muito argilosa.

Os dados de temperatura máxima, mínima e média mensal e da precipitação pluviométrica acumulada, por decêndio durante o desenvolvimento do experimento, estão representados nas Figuras 1, 2 e 3.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. As parcelas mediram 15 metros de comprimento por 9,05 metros de largura totalizando 135,75 m<sup>2</sup>.

As culturas oleaginosas (canola – híbrido Hyola 61, nabo forrageiro (variedade Seletina), cártamo, níger, crambe variedade FMS Brillhante, girassol variedade Embrapa 122 / V-2000 e trigo variedade BRS 264) foram semeadas manualmente na 1° quinzena do mês de abril, utilizando-se uma adubação de 220 kg ha<sup>-1</sup> do formulado (N-P-K) 08-20-20. Não foi utilizado adubação de cobertura com nitrogênio para as culturas de inverno. Os espaçamentos utilizados foram de 0,90 metros para o girassol e 0,45 metros para canola, nabo forrageiro, cártamo, níger e crambe.

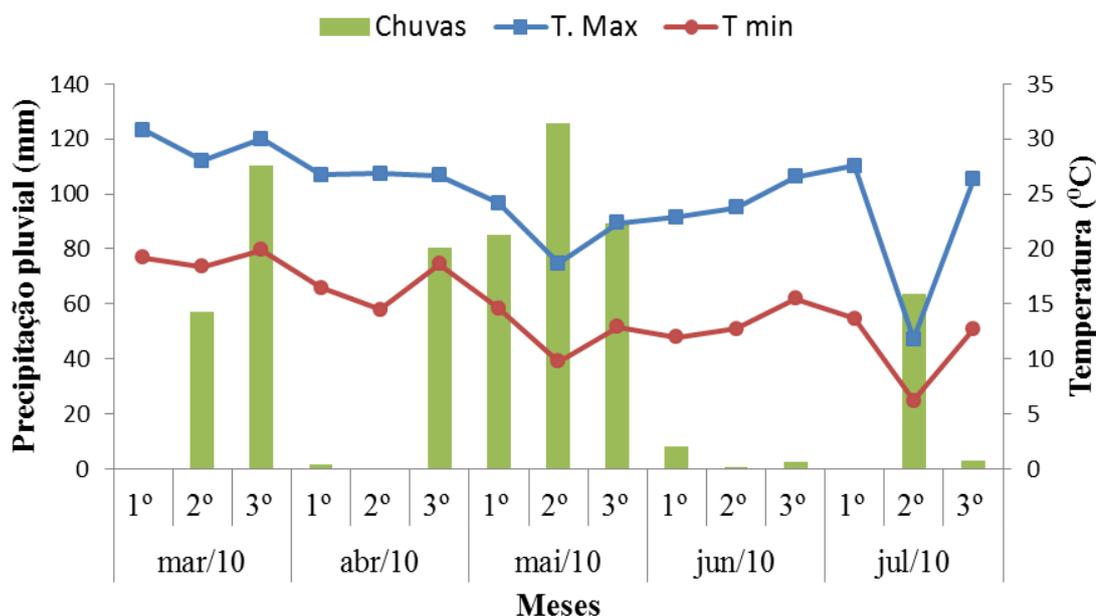


Figura 1. Pluviosidade (mm) acumulada por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2009/10) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS. Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS.

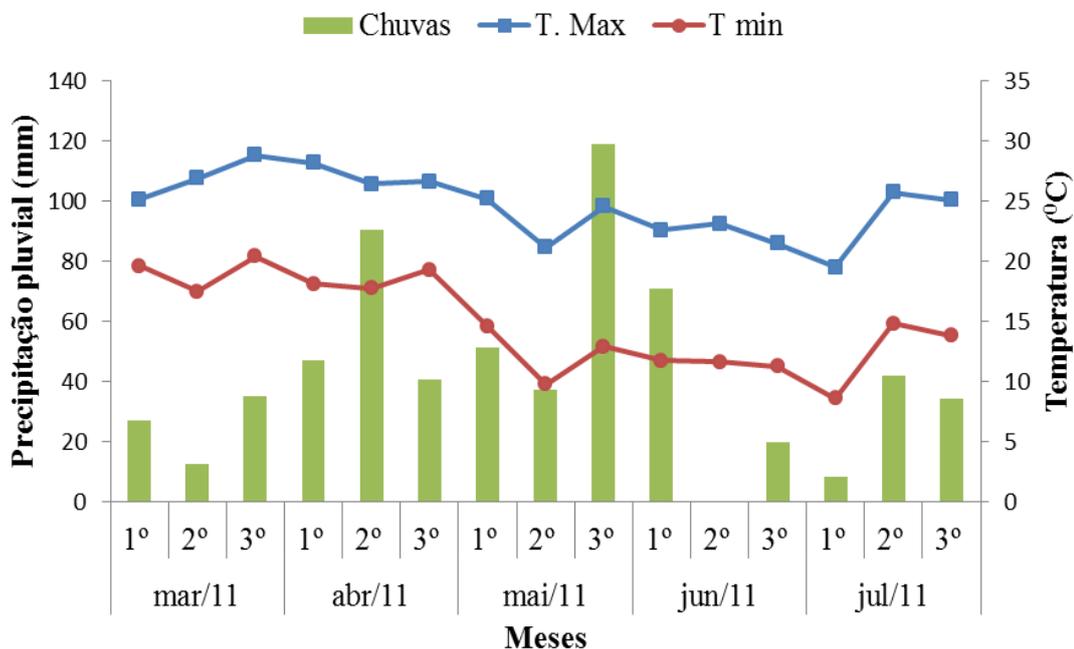


Figura 2. Pluviosidade (mm) acumulada por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2010/11) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS. Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS.

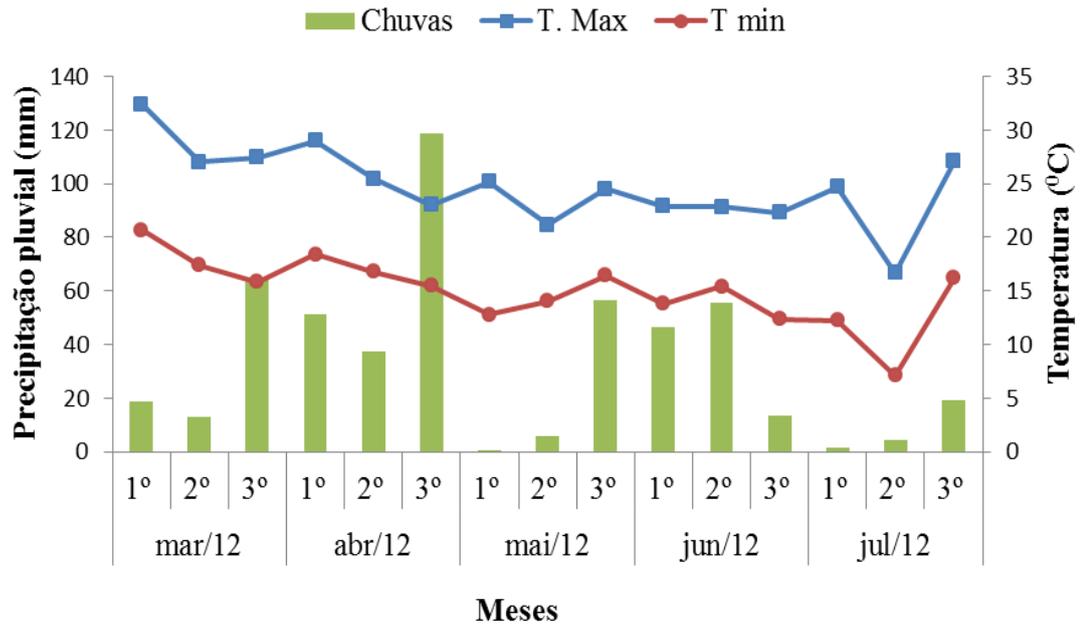


Figura 3. Pluviosidade (mm) por decêndio e temperaturas (°C) máxima e mínima registradas no período de execução do experimento (Ano Agrícola 2011/2012) no Centro de Pesquisa do Assentamento Itamarati (CEPAI/AGRAER) - Ponta Porã/MS. Estação Meteorológica de Ponta Porã/MS.

Nas três safras avaliadas foram analisadas as seguintes características agrônômicas das culturas oleaginosas:

**Massa seca da parte aérea das plantas:** As amostragens foram realizadas no florescimento pleno, amostrando-se dentro de cada parcela por tratamento uma área de 2,00 m<sup>2</sup>, cortando as plantas rente ao solo, e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem peso constante.

**Altura de planta:** as alturas de planta foram determinadas no momento da colheita, medindo-se, aleatoriamente, 15 plantas por parcela. A altura de planta foi obtida medindo-se a distância entre o nível do solo até o ápice do caule.

**Produtividade de grãos:** a produtividade foi medida após a trilha e limpeza dos grãos das plantas, colhidas dentro da área útil de cada parcela, representada por oito linhas de 5 m de comprimento. A pesagem dos grãos foi realizada em balança de precisão com duas casas decimais, com os valores expressos de kg ha<sup>-1</sup>, corrigindo-se o grau de umidade para 13%.

**Massa de 1000 grãos:** após a medida de produtividade de cada parcela foi efetuada a contagem de oito amostras de 1000 grãos por parcela. As amostras foram pesadas em

balança de precisão com duas casas decimais. A massa de 1000 grãos foi determinada pela média das oito amostras.

**Peso específico de grão:** Para a determinação da densidade das sementes (Peso Hectolitro) utilizou-se uma proveta de um litro de capacidade e o peso ou massa foi determinado em balança de precisão com duas casas decimais.

**Teor de óleo:** A determinação do teor de óleo foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal da UFGD, no aparelho para determinação de óleos e graxas, pelo método conhecido como Soxhlet desenvolvido por Franz Von Soxhlet (1879) citado por Goes e Lima (2010).

Salienta-se que a última calagem realizada na área experimental foi no ano de 2009, utilizando-se três toneladas por hectare de calcário dolomítico, aplicado a lança na superfície do solo e incorporado com auxílio de uma gradagem pesada e duas passadas de grade niveladora.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o aplicativo computacional SAEG (RIBEIRO JR. 2001).

## **Resultados e Discussões**

Para produção de fitomassa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da parte aérea das plantas oleaginosas cultivadas no inverno, as análises de variância mostraram que não houve efeito entre as oleaginosas nos três anos de avaliação (anos agrícolas 2010, 2011 e 2012) (Figuras 1, 2 e 3) As maiores produções de fitomassa de matéria seca da parte aérea da planta, foram obtidas com as culturas de girassol e nabo forrageiro. A produção de fitomassa seca para a cultura do girassol variou entre 4.728 a 7.179  $\text{kg ha}^{-1}$ , com uma média de produção nas três safras avaliadas de 6.219  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela 1 e Gráfico 1). O nabo forrageiro variou entre de 5.948 a 6.308  $\text{kg ha}^{-1}$ . Para as duas culturas houve um aumento de produção de fitomassa seca no decorrer dos anos avaliados o que pode ser em função das melhorias das condições edáficas proporcionadas pela implantação do sistema plantio direto. O acúmulo de fitomassa seca da parte aérea das plantas, é dependente da altura da planta, que por sua vez, varia em função do genótipo e do ambiente.

Tabela 01 - Valores médios da produção de fitomassa seca da parte aérea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nas safras agrícolas 2010, 2011 e 2012. Ponta Porã – MS, 2013.

Culturas Oleaginosas.	Safra 2009/10	Safra 2010/11	Safra 2011/12
	Massa Seca da parte aérea ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		
Canola	2.818 d	3.877 c	3.740 d
Cártamo	3.793 c	2.841 d	3.500 d
Crambe	3.899 c	4.075 c	4.836 c
Nabo	5.948 a	6.058 b	6.308 b
Níger	1.586 e	1.378 e	3.885 d
Girassol	4.728 b	6.750 a	7.179 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ); ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

As menores produtividades de fitomassa seca da parte aérea foram obtidas com as culturas do níger (variando de 1.378 a 3.885  $\text{kg ha}^{-1}$ ), com uma média de produtividade de massa seca de 2.283  $\text{kg ha}^{-1}$ , cártamo (variando 2.841 a 3.793  $\text{kg ha}^{-1}$ ) com uma média de produtividade de 3.378  $\text{kg ha}^{-1}$  e canola (variando de 2.818 a 3.877  $\text{kg ha}^{-1}$ ) com média de produtividade de 3.478  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela 1 e Gráfico 1).

Sodre Filho et al. (2004) em um experimento em condições de Cerrado no município de Planaltina/DF, avaliando a produção de fitomassa e cobertura do solo, em sucessão ao milho cultivado nos sistemas convencional e plantio direto, observaram que o girassol apresentou alta produção de massa verde atingindo 8.233  $\text{kg ha}^{-1}$  no sistema plantio convencional e 12.316  $\text{kg ha}^{-1}$  no sistema plantio direto.

Segundo os autores esse comportamento do girassol já era esperado pelo alto teor de lignina e celulose em seus tecidos, os quais proporcionam maior quantidade de matéria fresca e seca. Porém, esse fator não resultou em melhor cobertura do solo, em virtude da estrutura de seus resíduos, constituídos predominantemente por hastes ou caules.

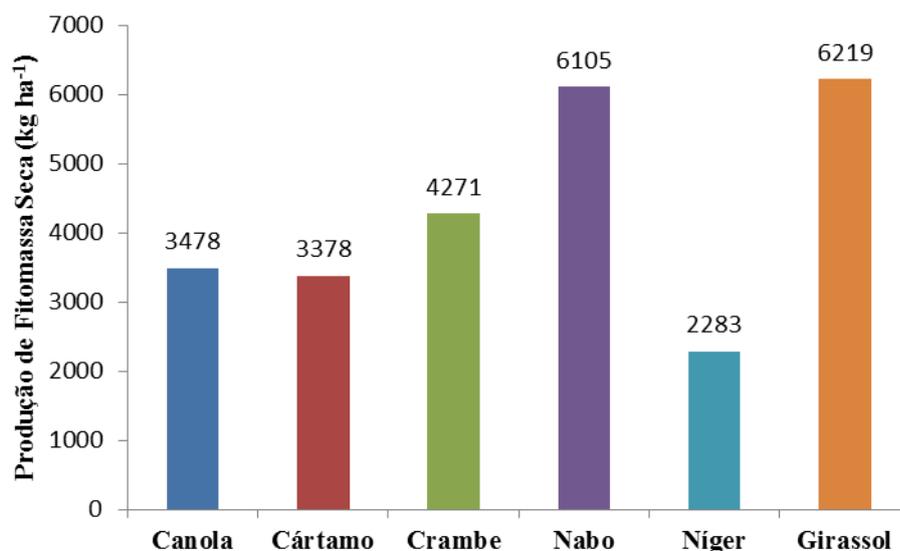


Gráfico 1 - Média da produção de fitomassa seca (kg ha<sup>-1</sup>) das safras agrícolas 2010, 2011 e 2012, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.

O nabo forrageiro apresentou produção média nas três safras avaliadas de 6.105 kg ha<sup>-1</sup> (Gráfico 1). Estes valores estão próximos aos obtidos por Heinz, et al. (2011) que estudando o nabo forrageiro na região de Dourados/MS obtiveram uma produção de fitomassa da parte aérea de 5.586 kg ha<sup>-1</sup> e Lima et al. (2007), que obtiveram produção de 5.480 kg ha<sup>-1</sup> no estado de São Paulo. Segundo Derpsch e Calegari (1992) e Calegari (1998) esse valor pode oscilar entre 2.000 e 6.000 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca no estágio de floração.

A média de produção das três safras avaliadas de fitomassa seca da parte do crambe foi de 4.271 kg ha<sup>-1</sup> (Gráfico 1). Os valores obtidos para produção de fitomassa seca das plantas de crambe no florescimento foram semelhantes aos obtidos por Mauad et al. (2013) que estudando a cultura no município de Dourados obtiveram um produção de 4.070 kg ha<sup>-1</sup> e superiores aos valores obtidos por Heinz et al. (2011) que, avaliando a massa de matéria seca de plantas de crambe no florescimento na mesma localidade, encontraram valores de 2.688 kg ha<sup>-1</sup>. A diferença na produção de massa seca observada para este experimento em relação ao trabalho de Heinz et al. (2011) para a mesma região e condições de clima e cultivar, pode ser devido ao fato da realização de adubação de plantio com 220 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-20-20. Aumentos na produção de massa seca em função da adubação também foram relatados por Teixeira et al. (2011) que, trabalhando com a cultivar de sorgo BRS 310, observaram que a produção de

massa seca foi menor do que a encontrada por Cruz et al. (2009) para a mesma cultivar; esse fato, segundo os autores, se justificou pela realização de adubação.

Tabela 2 - Valores médios da altura de plantas (cm), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nas safras agrícolas 2010, 2011 e 2012. Ponta Porã – MS, 2013.

Safras Agrícolas	Canola	Cártamo	Crambe	Nabo	Níger	Girassol
<b>Safra 2010</b>	107,50 b	114,00 a	92,50 b	162,75 <sup>ns</sup>	56,25 ab	173,25 a
<b>Safra 2011</b>	114,25 ab	115,00 a	57,50 c	152,25 <sup>ns</sup>	48,75 b	162,75 b
<b>Safra2012</b>	116,75 a	108,00 b	100,50 a	161,75 <sup>ns</sup>	62,25 a	173,50 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ); ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

A altura de plantas para as diferentes oleaginosas nos três anos de avaliação não diferiram estatisticamente (anos agrícolas 2010, 2011 e 2012) (Tabela 2). A altura de planta é uma característica genética do cultivar, que pode ser influenciado pelo ambiente, principalmente pela fertilidade do solo e pelas condições climáticas.

Na canola a altura variou de 107,50 cm (Safra 2010) a 116,75cm (safra 2011) (Tabela 2) com uma média de 112,83 cm (Gráfico 2). Estes valores foram inferiores aos encontrados por Bilibio (2011), e semelhantes aos encontrados (TOMM et al. 2007) que estudando genótipos de canola na região de Maracaju/MS entre elas a Hyola 61 encontraram valores de altura de planta de 109 cm. Segundo Tomm et al. (2009) a altura das plantas de canola variedade Hyola 61 pode variar de 78 a 129 cm.

A altura do cártamo variou de 108,00 cm (Safra 2012) a 115,00 cm (Safra 20/11) com uma média nas três safras avaliadas de 112,33 cm (Tabela 2 e Gráfico 2). Estes valores são superiores aos encontrados por Rocha (2005), entretanto os resultados obtidos nessa pesquisa estão de acordo com Rivas et al. (2009), onde afirmam que a altura de plantas pode variar entre 0,50 a 1,50 m, dependendo do material genético utilizado, das condições ambientais e do manejo utilizado na cultura.

Fatores como população de plantas, sombreamento entre plantas, baixas temperaturas e o regime hídrico podem afetar a altura final das plantas. Nos três anos de avaliação foram observadas falhas no estande, devido à desuniformidade na germinação das sementes do cártamo nos anos avaliados, o que podem ter influenciado a altura das plantas.

Nas três safras agrícolas estudadas a altura do crambe variou de 57,50 cm a 100,50 cm com uma média de 83,5 cm (Tabela 2 e Gráfico2). Neste caso cabe ressaltar que na safra agrícola 2010/11 a densidade de plantas ficou acima da recomendada por Pitol (2008), o que pode ter ocasionado uma menor média para esta característica, em função da concorrência intraespecífica de plantas.

O nabo forrageiro obteve uma média de altura de plantas de 158,92 cm (Gráfico 2) entre as safras estudadas, variando de 152,25 cm a 162,75 cm (Tabela 2). Estes valores de altura de planta para o nabo forrageiro foram inferiores aos obtidos por Oliveira (2009), que encontrou valores maiores em mesmas condições de densidade e espaçamento entre linhas. A altura do girassol variou de 162,75cm a 173,50cm (Tabela 2) com uma média de altura de plantas de 169,83 cm (Gráfico 2). Os valores de altura de plantas de Girassol Embrapa 122 / V-2000 foram semelhantes aos encontrados por Góes (2010) e Queiroga (2011) estudando a mesma cultivar. Braz (2009) encontrou comportamento semelhante para altura de plantas para cultivar Embrapa 122 / V-2000.

A altura de plantas é uma característica de grande importância, especialmente, para regiões do Centro-Sul, onde os genótipos selecionados devem possuir arquitetura e altura de plantas que favoreçam a colheita mecanizada, além disso, o acamamento ou tombamento da planta, ocorrido em plantas de tamanho excessivo, pode ser um fator negativo nas culturas mecanizáveis, pois existe relação direta entre altura da planta e propensão ao acamamento. O acamamento pode causar redução da produtividade, pois a barra de corte da colhedora não consegue recolher as plantas deitadas próximas ao solo e seus grãos, portanto, ficam no campo. No entanto, no presente estudo, em todos os anos estudados, esse problema não foi detectado em nenhuma cultura de inverno avaliada.

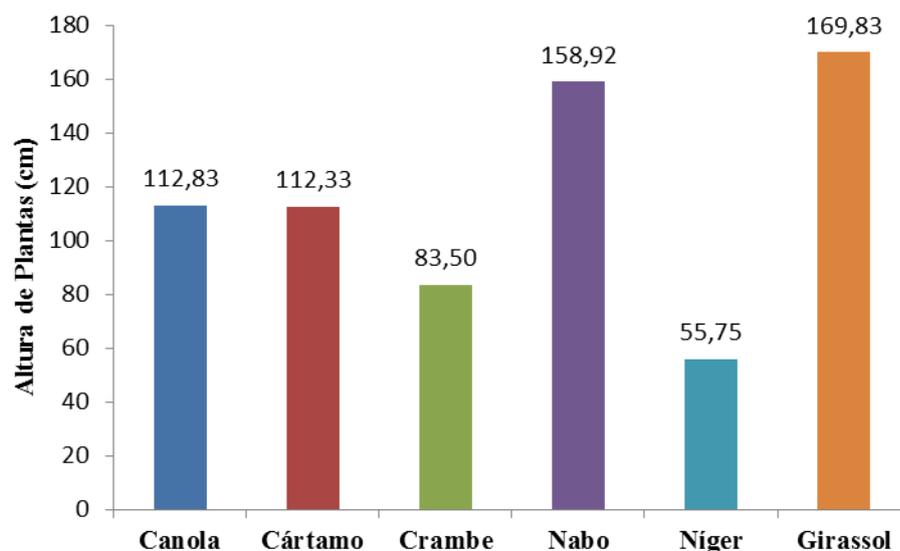


Gráfico 2 - Média das alturas de plantas (cm) das safras agrícolas 2010, 2011 e 2012, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.

Para produção de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) houve diferença estatística apenas para as culturas do níger e cártamo entre as safras estudadas (Tabela 3). Na safra agrícola 2012 o níger apresentou a maior produtividade, diferindo dos demais anos. As maiores produtividades de grãos de cártamo foram verificados nos anos agrícolas 2011 e 2012 (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios da produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nas safras agrícolas 2010, 2011 e 2012. Ponta Porã – MS, 2013.

Safras Agrícolas	Canola	Cártamo	Crambe	Nabo	Níger	Girassol
	Produtividade de Grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ )					
Safra 2010	1377 <sup>ns</sup>	690 b	1022 <sup>ns</sup>	1120 <sup>ns</sup>	617 b	1015 <sup>ns</sup>
Safra 2011	1541 <sup>ns</sup>	856 a	812 <sup>ns</sup>	1036 <sup>ns</sup>	586 b	952 <sup>ns</sup>
Safra2012	1601 <sup>ns</sup>	912 a	1245 <sup>ns</sup>	1173 <sup>ns</sup>	1076 a	1035 <sup>ns</sup>

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ); ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

No caso do cártamo a baixa produtividade pode ter sido devido ao estande em função da qualidade das sementes adquiridas e ocorrência de doenças, principalmente mancha de alternaria. Já o níger por ser uma cultura de ciclo rápido (90 dias), na primeira safra, problemas com veranico no mês de junho/2010 (Figura 1) na fase de enchimento dos grãos afetaram o desenvolvimento das sementes. Já na segunda safra a ocorrência de geadas no mês de junho/2011 afetou o desenvolvimento dos grãos.

Outro fator que pode ter interferido diretamente na produtividade do niger e do cártamo no primeiro ano de experimento foi a densidade de semeadura, atribuída a falta de experiência e de recomendação para densidade de semeadura, assim, houve neste ano a baixa população de plantas refletiu na menor produtividade de grãos. Johnson e Hanson (2003) relatam que há um aumento na produtividade da cultura da canola em menores espaçamentos quando comparando com espaçamentos maiores, o que é resultado de uma distribuição uniforme das plantas que resulta em melhor distribuição da radiação solar.

Rosental et al. (1993) relatam que há uma maior absorção da radiação por unidade de área foliar com o aumento da densidade de plantas. Esse tipo de resposta também foi observado em outras culturas produtoras de grãos, como soja, milho e trigo (LIMA et al., 2008; STRIEDER et al., 2008; SILVEIRA et al., 2010). Assim, a adaptabilidade e a estabilidade da produtividade de grãos para essas espécies estão altamente ligadas à densidade de plantas e ao ano de cultivo.

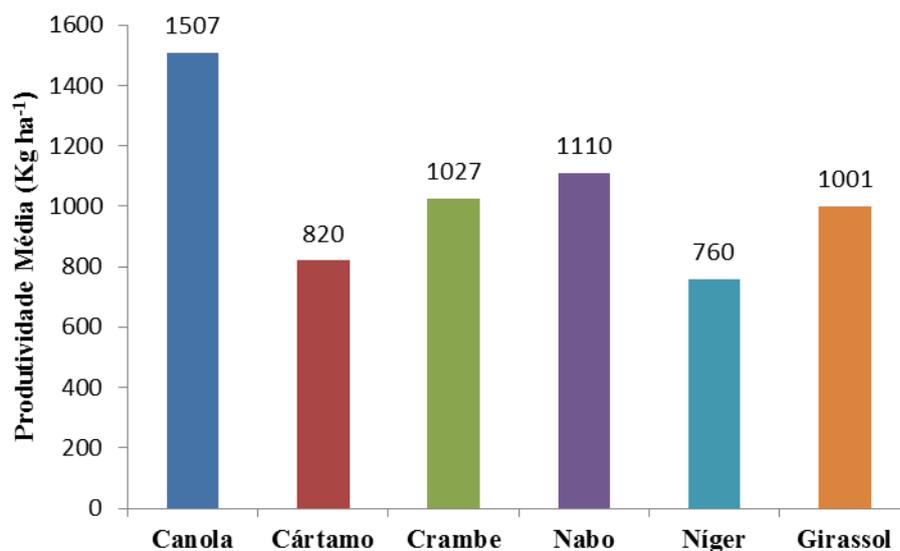


Gráfico 3 - Média das produtividades ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das safras agrícolas 2010, 2011 e 2012, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.

As médias de produtividades das safras agrícolas 2010, 2011 e 2012 das culturas oleaginosas plantadas no período de safrinha (outono/inverno) estão dispostos no gráfico 3.

A canola obteve uma média de produtividade de  $1.506 \text{ kg ha}^{-1}$ , com produções variando de  $1.601$  (safra 2010) a  $1.601 \text{ kg ha}^{-1}$  (Safra 2012) conforme Quadro 5. Esta produtividade é semelhante às obtidas por Tomm et al. (2007) que

estudando a adaptação de genótipos de canola na região de Maracaju/MS, obtiveram produtividades de canola que variaram entre 695 (HYOLA 432) a 1.113 (Hyola 401) kg ha<sup>-1</sup>, já o genótipo Hyola 61 também utilizado neste experimento, obteve produção de 969 kg ha<sup>-1</sup>.

A média de produtividade do cártamo foi de 819 kg ha<sup>-1</sup> (Gráfico 3). Esta produtividade esta baixa em relação à produtividade médias de outros países tais com o México que lidera a produção em kg ha<sup>-1</sup>, seguida pelo Tarjiquistão, China, Estados Unidos e Turquia com uma produtividade média de aproximadamente 2.080, 1.670, 1.570, 1.490 e 1.380 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (FAOESTAT, 2011). Esse fato pode ser justificado pela baixa qualidade das sementes, ocorrência de doenças na cultura afetando a produção final de grãos, falhas no estande, problemas com veranicos na fase de enchimento dos grãos e as geadas que afetaram o desenvolvimento das sementes, dentre outros.

Silva (2013) estudando as características morfológica de importância agrônômica e o potencial produtivo de 20 acesso de cártamo provenientes dos Estados Unidos em Botucatu/SP concluiu que em relação às médias de produtividade de grãos, foi possível dispor os acessos avaliados em 3 diferentes grupos. O primeiro compreende os acessos mais produtivos com médias superiores a 1.500 kg ha<sup>-1</sup>, o segundo grupo foi formado por acessos cujas médias variam de 1.061 e 1.314 kg ha<sup>-1</sup>, e o terceiro grupo apresentaram-se menos promissores com médias inferiores a 1.000 kg ha<sup>-1</sup>.

Os resultados encontrados neste estudo se aproximam aos obtidos por Eslam et al. (2010) que avaliaram cultivares, linhagens e populações de cártamo melhoradas e adaptadas para as suas respectivas regiões e com as práticas culturais já bem definidas. Para o Brasil, porém, muito ainda há de ser feito. Pois, aliado ao potencial genético da cultura e à alta capacidade de produzir sob condições adversas, é preciso definir as prática culturais que possam fornecer condições que permitam a otimização do desempenho dessa espécie e assim viabilizar sua utilização.

A cultura do crambe obteve uma variação de produtividade de 812 a 1.245 kg ha<sup>-1</sup> nas safras agrícolas 2010/11 e 2011/12 (Tabela 3), com uma média de produtividade das safras avaliadas de 1.026 kg ha<sup>-1</sup>(Gráfico 3). Estes valores estão abaixo da média de 1.400 kg ha<sup>-1</sup>, conforme o catálogo da FUNDAÇÃO MS (2007), detentora da cultivar brilhante, utilizada no experimento.

A produtividade de grãos de nabo forrageiro obtida neste experimento pode ser considerada satisfatória, estando acima da média citada por outros autores, ou seja, entre 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup> (CRUSCIOL, et al., 2005; FERREIRA et al., 2012). A produtividade de grãos de nabo forrageiro neste experimento variou de 1.036 a 1.173 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3) com uma média de produtividade nas safras avaliadas de 1.110 kg ha<sup>-1</sup> (Gráfico 3).

Esta produção foi mais do que o dobro do encontrado na literatura pode estar relacionado com a forma de plantio e a adubação de 220 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08 20 20 utilizada. Neste caso a semeadura do nabo forrageiro foi realizado em linhas espaçadas em 45 cm, diferindo dos demais experimentos em que a semeadura do nabo forrageiro é realizado a lanço.

A massa de 1.000 sementes é uma medida de qualidade utilizada para diferentes finalidades, entre elas a comparação da qualidade de diferentes lotes de sementes, determinação da produtividade de grãos e mesmo para o cálculo da densidade de semeadura, e estão apresentadas na Tabela 4 e Gráfico 4.

Quanto a massa de 1.000 sementes houve diferença estatística para as culturas do cártamo e níger nos três anos de avaliação (anos agrícolas 2010, 2011 e 2012) (Tabela 4).

Para a cultura do níger a massa de mil grãos variou de 3,77 a 4,20 g (Tabela 4) com uma média de 4,03 g (Gráfico 4) nas safras agrícolas estudadas. Estes valores estão de acordo com os encontrados por Ambrosano (2012) que foi de 4,1g.

Na cultura do cártamo a massa de 1.000 grãos variou de 39,37 a 43,28 g (Tabela 4) com uma média de 41,33 g (Gráfico 4). Os pesos encontrados nesses experimentos estão de acordo com resultados encontrados por Mohamadzadeh et al. (2011) e Bidgoli et al. (2007) em experimentos realizados no Irã, onde obtiveram uma média de 25 g e de 30 a 50 g, respectivamente e Çama et al. (2007) que obtiveram uma média de 35 g em um conduzido na Turquia. Abud et al. (2010) encontraram valores inferiores de peso de mil sementes para o Cártamo.

Tabela 4 - Valores médios da massa de 1000 sementes (g), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nos anos agrícolas 2010, 2011 e 2012. Ponta Porã – MS, 2013.

Safr a Agrícola	Canola	Cártamo	Crambe	Nabo	Níger	Girassol
	Massa de 1000 grãos (g)					
Safra 2010	4,07 <sup>ns</sup>	43,28 a	6,90 <sup>ns</sup>	9,84 <sup>ns</sup>	3,77 b	36,03 <sup>ns</sup>
Safra 2011	4,24 <sup>ns</sup>	39,37 b	6,94 <sup>ns</sup>	9,80 <sup>ns</sup>	4,12 ab	34,02 <sup>ns</sup>
Safra2012	4,36 <sup>ns</sup>	41,32 ab	6,98 <sup>ns</sup>	9,84 <sup>ns</sup>	4,20 a	34,96 <sup>ns</sup>

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ); ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Diversos fatores podem ter influenciado as diferenças na massa de mil grãos do cártamo nas safras estudadas, dentre elas a época de colheita, a germinação que pode ocorrer dentro dos capítulos, visto que as sementes não possuem dormência (DAJUE et al., 1996), a baixa umidade durante a fase de enchimento dos grãos (MOHAMADZADEH et al., 2011)

Segundo Carvalho et al. (2004) entre os componentes da produção, a massa de mil grãos é o que apresenta menor percentual decorrente de alterações no ambiente de cultivo, provavelmente pelo objetivo biológico principal da planta ser a perpetuação da espécie. No caso do cártamo e do níger esta variação na massa de 1.000 sementes pode estar relacionado com o fato das sementes não serem de populações puras (cultivares) podendo haver materiais genéticos diferentes, em função destas duas oleaginosas não possuírem sementes certificadas no Brasil.

Embora essa característica esteja diretamente relacionada com a produtividade, não devemos relacioná-las, pois, apesar da massa de 1.000 grãos ser um componente de produção, as condições favoráveis para o aumento do tamanho do grão nem sempre são as mesmas para a produção (NAKAGAWA et al., 1983; MEDINA et al., 1997). Apesar da contribuição da massa e do tamanho do grão para a produção, existem outros fatores influenciadores, como o número de capítulos por planta ou pelo maior diâmetro.

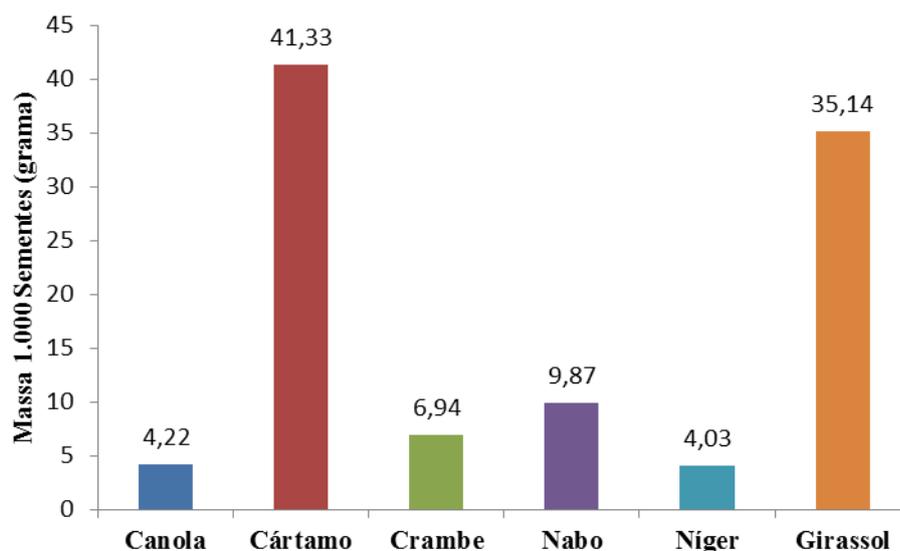


Gráfico 4 - Média das massas de 1000 sementes (%) das safras agrícolas 2010, 2011 e 2012, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.

Para valores médios do peso hectolitro (g), houve diferença estatística entre os anos de cultivos, para as culturas do cártamo, nabo e girassol (Tabela 5). No cártamo o peso hectolitro variou de 548,35 a 601,00 gramas com uma média de 581,54 gramas, para o nabo forrageiro a variação foi de 661,07 a 730,77 gramas e o girassol 461,60 a 529,50 gramas (Tabela 5 e Gráfico 5).

Tabela 5 - Valores médios do peso hectolitro (g), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nos anos agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12. Ponta Porã – MS, 2013.

Safra agrícola	Canola	Cártamo	Crambe	Nabo	Níger	Girassol
Safra 2010	689,70 <sup>ns</sup>	595,27 <sup>ab</sup>	393,07 <sup>ns</sup>	716,95 <sup>ab</sup>	605,97 <sup>ns</sup>	481,20 <sup>ab</sup>
Safra 2011	697,70 <sup>ns</sup>	548,35 <sup>b</sup>	381,02 <sup>ns</sup>	661,07 <sup>b</sup>	608,05 <sup>ns</sup>	461,60 <sup>b</sup>
Safra2012	681,55 <sup>ns</sup>	601,00 <sup>a</sup>	404,40 <sup>ns</sup>	730,77 <sup>a</sup>	610,10 <sup>ns</sup>	529,50 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ); ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

O peso hectolítrico (PH) ou densidade granular pode ser definido como a razão entre a massa e o volume de determinada quantidade de grão, incluindo os espaços intergranulares. A aplicação do conceito de massa específica granular é importante em comercialização, dimensionamento de silos, secadores, depósitos e sistemas de transportes, podendo também ser utilizado para determinar teores de umidade e danos causados por insetos e pragas nos grãos.

Para as culturas da canola, crambe e nabo forrageiro não houve diferenças estatísticas do peso hectolitro (g) nos anos agrícolas 2010, 2011 e 2012, sendo que estas culturas obtiveram uma média dos três anos agrícolas estudados de 68,97, 39,28 e 70,29 kg 100 L<sup>-1</sup>, respectivamente (.Gráfico 5). Este fato comprova a estabilidade da qualidade dos grãos produzidos destas culturas nos três anos agrícolas estudados, principalmente quanto a sua densidade.

Quanto ao cártamo, nabo e girassol os menores valores de peso hectolitro na safra agrícola 2011 pode ter sido ocasionado por alguma circunstancia climática (temperatura mínima) que pode ter afetado o enchimento de grãos destas espécies.

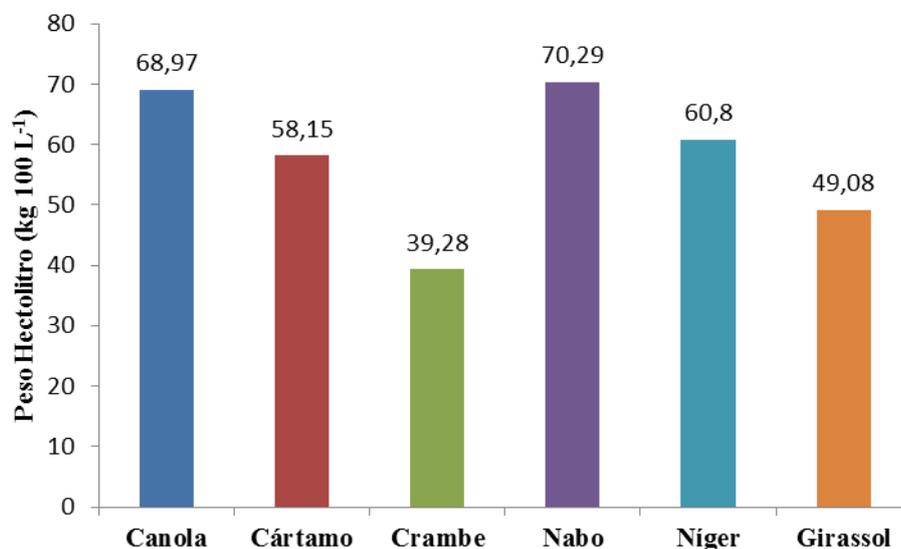


Gráfico 5 - Média dos pesos hectolitro dos grãos (g) das safras agrícolas 2010, 2011 e 2012, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.

Quanto à comparação do peso hectolitro entre as espécies avaliadas (gráfico 5), destaca-se o nabo forrageiro, canola e níger com valores superiores a 60,00 kg 100 L<sup>-1</sup>, que estão próximos dos valores determinados para soja, o que facilita a logística de transporte e de armazenamento. Por outro lado, a cultura do crambe em função do baixo peso hectolitro, para viabilizar o transporte dos grãos as áreas semeadas com esta cultura devem estar próxima das unidade de recebimento.

O teor de óleo (%) nos grãos das oleaginosas entre os anos de cultivos diferiram para as culturas da canola, crambe e níger (Tabela 6). Nestas culturas os teores de óleo nos grãos obtiveram comportamentos semelhantes, com aumento gradativo do teor de óleo com a evolução do sistema plantio direto. O teor de óleo nos grãos, apesar

de ser uma característica genética particular do genótipo ou da espécie, pode variar em função de fatores abióticos. Segundo Marcos Filho (2005), além dos fatores genéticos envolvidos na herança desta característica, podem ocorrer variações em função das condições climáticas do cultivo. Dessa forma, o referido autor comenta que a deficiência hídrica pode ser decisiva neste aspecto, provocando, na maioria das vezes, a redução não só no peso da semente, mas também no seu conteúdo.

Tabela 6 - Valores médios dos teores de óleo (%), das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol nas safras agrícolas 2010, 2011 e 2012. Ponta Porã – MS, 2013.

Safras Agrícolas	Canola	Cártamo	Crambe	Nabo	Níger	Girassol
	Teores de óleo nos grãos (%)					
<b>Safra 2010</b>	37,75 b	36,75 <sup>ns</sup>	31,25 b	31,75 <sup>ns</sup>	39,50 b	39,75 <sup>ns</sup>
<b>Safra 2011</b>	37,00 b	37,00 <sup>ns</sup>	30,75 b	31,75 <sup>ns</sup>	42,25 a	40,75 <sup>ns</sup>
<b>Safra2012</b>	40,00 a	39,50 <sup>ns</sup>	33,50 a	32,75 <sup>ns</sup>	41,50 a	41,25 <sup>ns</sup>

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ); ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Outro fator de interferência é a adequada nutrição em N, P, K e S, dado às suas funções no metabolismo de síntese de proteínas e lipídeos, influem nos teores destes nos grãos. Segundo Faquim (1994) a aplicação de doses crescente de N, em geral, diminui o teor de óleo e faz aumentar o de proteína dos grãos. O aumento das doses de P comumente favorece o conteúdo de óleo.

Bonato et al. (2000), observaram que os teores de óleo e proteína de 26 genótipos de soja diferiram estatisticamente entre três regiões do Rio Grande do Sul. Concluindo que os fatores ambientais podem contribuir fortemente para a concentração de proteína nos grãos. Neste trabalho constatou-se que as condições do solo e as condições climáticas variáveis entre as regiões afetaram de forma diferente os genótipos, pois as interações entre os genótipos e locais também foram altamente significativas, demonstrando que os genótipos de soja estudados reagem diferentemente em relação às condições ambientais onde são cultivados.

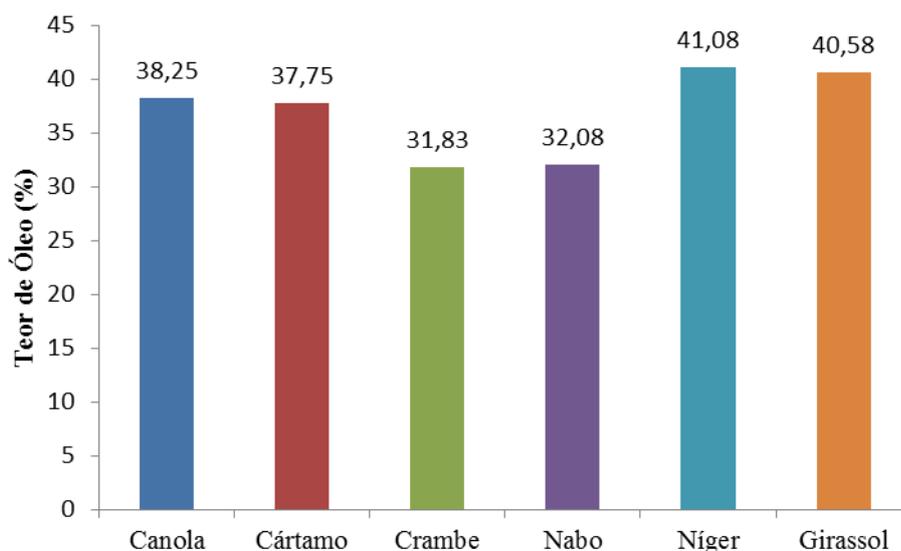


Gráfico 6 - Teor de óleo (%) nos grãos das safras agrícolas 2010, 2011 e 2012, das culturas de canola, cártamo, crambe nabo forrageiro e girassol. Ponta Porã – MS, 2013.

Estudos que avaliaram o efeito da temperatura nas concentrações de proteína e óleo de cinco cultivares de soja, em dez ambientes durante dois anos, concluíram que a distribuição de chuvas durante o período de enchimento de grãos e a disponibilidade de nitrogênio para as sementes durante o mesmo período, são peças-chaves para o melhor entendimento das variações dos teores de proteína e óleo nas sementes de soja (PÍPOLO, 2002).

Todas as oleaginosas avaliadas obtiveram teores de óleo próximos aos descritos na literatura níger de 30 - 45 % (RAMADAN; MORSEL, 2003), crambe de 26 - 38 % (PITOL, 2008), cártamo de 38 a 40 % (GIAYETTO et al., 1999), nabo forrageiro de 30 - 42 % (SILVA et al., 2006), girassol de 38 - 42 % (SILVA et al., 1991) e canola 34 - 38 % (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 1999).

## Conclusões

1. Todas as oleaginosas estudadas se mostram promissoras para o cultivo de outono-inverno no Estado de Mato Grosso do Sul, necessitando ser melhorada as produtividades de grãos;
2. As culturas de nabo forrageiro e girassol produzem maior quantidade de fitomassa seca da parte aérea da planta no florescimento;

3. Todas oleaginosas estudadas apresentam teor de óleo nos grãos superior aos obtidos nos grãos de soja;
4. Os maiores teores de óleo foi determinado nos grãos do níger e girassol.
- 5.

## **Bibliografia**

ABUD, H. F. ABUD, H. F.; GONÇALVES, N. R.; REIS, R. G. E.; GALLÃO, M. I.; INNECCO, R. Morfologia de sementes e plântulas de Cártamos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 259-265, 2010.

AMBROSANO, L. **Avaliação de Plantas Oleaginosas Potenciais para o Cultivo de Safrinha**. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras/SP.

BIDGOLI, M., AKBARI, G.A., MIRHADI, M.J., PAZOKI, A.R., SOUFIZADEH, S., Yield components, leaf pigments contents, patterns of seed filling, dry matter, LAI and LAID of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in Iran. **Pakistan Journal Biological Science**. 10(9): 1406. 2007.

BILIBIO, C. G.; Carvalho, J. A.; Hensel, O.; Richter, U. Effect of different levels of water deficit on rapeseed (*Brassica napus* L.) crop. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.672-684, 2011.

BONATO, E.R.; BERTAGONOLLI, P.F.; CANGE, C.E.; RUBIN, S.A.L. Teores de óleo e de proteína em genótipos de soja desenvolvidos após 1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2391-2398, 2000.

BRAZ, M. R. S. **Produção e qualidade de sementes de Girassol (*Helianthus annuus*L.) influenciadas pela densidade de semeadura e pelo vigor das sementes**. 2009. 86 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

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

ÇAMAS, N., ÇIRAK, C., ESENDEL, E., Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in northern Turkey conditions. **Journal of Fac. of Agricultural**. Omu, 22(1): 98 – 104. 2007.

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

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

COELHO, B.F.V.M. **Modelo de previsão da evolução do biodiesel no Brasil utilizando lógica Fuzzy**. 2007. 55p. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: IBMEC.

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 na semeadura direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.40, n. 2, p.161-168, fev. 2005.

CRUZ, S. J. S.; OLIVEIRA, S. S. C.; CRUZ, S. C. S.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, R. G. Adubação fosfatada para a cultura do sorgo forrageiro. **Caatinga**, v. 22, p. 91-97, 2009.

DAJUE, L., Promoting the Conservation and use of underutilized and neglected crop. 7: Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) **Internacional Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)**, Rome, Italy, ISBN: 92-9043-297-7. 1996.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Iapar, 1992. 80p. (Circular, 73).

ESLAM, B. P; MONIRIVAR, H; CHASSEMI, M.T. Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. **Turkey Journal of Agriculture and Forest**, v 5, n 34, p 373-380, 2010.

FAOEST. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em 15 de novembro de 2013.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227p.

FERREIRA, H. S.; ALVES, J. M.; QUEIROZ FILHO, L. P. Efeito do espaçamento na produtividade do nabo forrageiro. CONGRESSO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO CÂMPUS RIO VERDE DO IFGOIANO, 1., 2012, Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: I.F. Goiano, 2012.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. **Culturas para biodiesel. Crambe**. Maracajú/MS, 2007. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.com.br/news.php>>. Acesso em; 15 de outubro de 2013.

GIAYETTO, O. Comportamento de cultivares de Cartamo (*Carthamus tinctorius* L.) em la region de Rio Cuarto, Cordoba, Argentina. **Revista Investigación Agraria - Proteccion Vegetales**, Buenos Aires, v. 14, n. ½, p 203-215, 1999.

GÓES, G. B. de. **Adubação do girassol com torta de mamona da produção de biodiesel direto da semente**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

GOES, R. H. T. B, LIMA, H. L. **Técnicas laboratoriais na análise de alimentos**. Dourados –MS, Ed: UFGD, 2010.

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

IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia.. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**.. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>.. Acesso em: 10 de setembro de 2013.

JOHNSON, B.L., HANSON, B.K., Row-spacing interactions on spring canola performance in the Northern Great Plains. **Agronomy Journal**, s.l., v. 95, p. 703-708, 2003.

LIMA, W.F.; PÍPOLO, A.E.; MOREIRA, J.U.V.; CARVALHO, C.G.P. de; PRETE, C.E.C.; ARAIS, C.A.A.; OLIVEIRA, M.F. de; SOUSA, G.E. de; TOLEDO, J.F.F. Interação genótipo-ambiente de soja convencional e transgênica resistente a glifosato, no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.43, p.729-736, 2008.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MAUAD, M.; SOUZA, L. C. F. de; HEINZ, R.; GARBIATE, M. V. Straw persistence and nutrient release from crambe abyssinica according to the time of management. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 53-60, 2013.

MEDINA, P.F.; RAZERA, L.F.; FILHO, J.M.; BORTOLETTO, N. Produção de sementes de cultivares precoces de soja em duas épocas e dois locais paulistas: I. Características agrônômicas e produtividade. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.2, p.291-303, 1997.

MOHAMADZADEH, M., SEYED, S. A., NOROF, M. S., NASERI, R., The effects of planting date and row spacing on yield, yield components and associated traits in winter safflower under rain fed conditions. **American-Eurasian Journal Agricultural & Environmental Science**., 10 (2): 200 -206, 2011.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. Épocas de semeaduras da soja I. Efeitos na produção de grãos e nos componentes da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18. n.11, p.1187-1198, 1983.

OLIVEIRA, A. S. **Características agrônômicas e qualidade de sementes de Nabo Forrageiro em função da densidade de semeadura e do espaçamento**. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PENELA, Y. M. G. **Selección de indicadores que permitan determinar cultivos óptimos para la producción de biodiesel em la eco-regiones chaco-pampeana de La República Argentina**. Inta, mayo de 2007. Disponível em:[http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/energia/indicadores\\_biodiesel.pdf](http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/energia/indicadores_biodiesel.pdf) . Acesso em:05/11/2013.

PÍPOLO, A.E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e de óleo em sementes de soja (Glycine max (L.)Merrill)**. 2002, 77 p. Dissertação (Doutorado) –Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PITOL, C. **Cultura do Crambe: tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno** 2008. Maracaju: Fundação MS, 2008.

QUEIROGA, F. M. **Resposta da cultura do Girassol a doses de potássio, magnésio, boro, zinco, cobre e a fontes de nitrogênio.** 2011. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, 2011.

RAMADAN, M. F.; MORSEL, J. T. Determination of the lipid classes and fatty acid profile of Níger (*Guizotia abyssinica* Cass.) seed oil. **Phytochemical Analysis**, Chichester, v. 14, n. 6, p. 366-370, June 2003.

RIBEIRO JR, J. I. **Análises Estatísticas no SAEG.** 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2001.

RIVAS, J., MATARAZZO, R., Produccion de cartamo: Consideraciones Generales. **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)**. Boletín de Divulgación, n.20, ISSN 0328-3380. 2009.

ROCHA, E. K. **Fenologia e qualidade de *Carthamus tinctorius* L. em diferentes populações e épocas de cultivo.** 2005, 59 p. Dissertação (Mestrado) . Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

ROSENTAL, T., GERIK, J., WADE, L.J., Radiation-use efficiency among grain sorghum cultivars and plant densities. **Agronomy Journal**, s.l., v. 85, p. 703- 705. 1993.

SILVA, A. R. B.; MARTINEZ, M. M.; MAIA, J. C. de S.; SILVA, M. L. L.; SILVA, T. R. B. da. Comportamento de cultivares de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) em função da variação do espaçamento entre linhas. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2006, Varginha. **Anais...** Varginha: Universidade Federal de Lavras, 2006. p. 82-86.

SILVA, C. J. de. **Caracterização Agronômica e Divergência Genética de Acessos de cártamo.** 2013. 59 p. Dissertação (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Campos de Botucatu, Botucatu/SP.

SILVA, P. R. F. da; NEPOMUCENO, A. L. Efeito do arranjo de plantas no rendimento de grãos, componentes do rendimento, teor de óleo e no controle de plantas daninhas em girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 9, p. 1503-1508, 1991.

SILVEIRA, G. da; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, A.C. de; VALÉRIO, I.P.; BENIN, G.; RIBEIRO, G.; CRESTANI, M.; LUCHE, H.S.; SILVA, J.A.G. Efeito da densidade de semeadura e potencial de afilhamento sobre a adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantia**, v.69, p.63-70, 2010.

SODRÉ-FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A.M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p.1079-1087, 2002.

STRIEDER, M.L.; SILVA, P.R.F. da; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A.A. da; ENDRIGO, P.C.; JANDREY, D.B. Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. **Scientia Agricola**, v.65, p.346-353, 2008.

TEIXEIRA, M B. LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposition and nutrient release from millet and sorghum biomass. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 867-876, 2011.

TOMM, G. O. **Desempenho de genótipos de canola no Mato Grosso do Sul, 2006. Passo Fundo**: Embrapa Trigo, 2007. 68p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 40).

TOMM, G. O. Indicativos **tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p. (Embrapa Trigo. Sistemas de produção, 4).

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G.A.; SANTOS, H.P. dos. **Tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 41p. 2009.

Anexo 1 - Análises de variância da variável produção de fitomassa seca (kg ha<sup>-1</sup>) da parte aérea das plantas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Anos Agrícolas 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013.

Fator de variação	Quadrados médios					
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	DMS
Ano Agrícola 2009/10	18966.94444	9842538.10000	67293.81111	7.21	146.2622 **	595.34710
Ano Agrícola 2010/11	53902.81944	15899240.7417	76827.78611	6.66	206.9465 **	636.12410
Ano Agrícola 2011/12	122580.27778	9214267.80000	69535.37778	5.37	132.5119 **	605.18150

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

Anexo 2 - Análises de variância da variável altura de plantas das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Anos Agrícolas 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013.

Fator de variação	Quadrados médios					
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	DMS
Canola	7.16667	61.16667	12.44444	3.13	4.9152 *	7.79615
Cártamo	11.33333	57.33333	2.66667	1.45	21.5000 *	3.54360
Crambe	37.88889	2092.00000	7.55556	3.29	276.8824 **	5.96476
Nabo Forrageiro	14.08333	134.33333	69.00000	5.23	1.9469 ns	18.02538
Níger	6.97222	183.00000	15.22222	7.00	12.0219 **	8.46640
Girassol	8.11111	150.58333	12.02778	2.04	12.5196 **	7.52580

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

ns não significativo (p ≥ .05)

Anexo 3 - Análises de variância da variável produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Anos Agrícolas 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013.

Fator de variação	Quadrados médios					
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	DMS
Canola	16088.88889	53652.08333	19582.63889	9.29	2.7398 ns	303.66540
Cártamo	43.66667	53706.08333	785.75000	3.42	68.3501 **	60.82778
Crambe	8750.00000	187108.33333	51508.33333	22.11	3.6326 ns	492.49120
Nabo Forrageiro	57772.22222	19206.25000	20228.47222	12.81	0.9495 ns	308.63220
Níger	21483.33333	301018.75000	16177.08333	16.74	18.6077 **	276.00050
Girassol	28680.55556	7408.33333	34822.22222	18.65	0.2127 ns	404.93750

ns não significativo (p ≥ .05)

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

Anexo 4 - Análises de variância da variável massas de 100 grãos (g) das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Anos Agrícolas 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013.

Fator de variação	Quadrados médios					DMS
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	
Canola	0.04364	0.07449	0.02476	3.76	3.0089 <sup>ns</sup>	0.34772
Cártamo	0.75529	15.24903	2.00246	3.42	7.6152 <sup>*</sup>	3.07073
Crambe	0.08430	0.87941	0.14680	5.73	5.9906 <sup>*</sup>	0.83142
Nabo Forrageiro	0.00721	0.00228	0.01074	1.05	0.2118 <sup>ns</sup>	0.22490
Níger	0.00222	0.20583	0.03472	4.62	5.9280 <sup>*</sup>	0.40436
Girassol	5.37512	4.17636	3.79180	5.54	1.1014 <sup>ns</sup>	4.22554

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

ns - não significativo ( $p \geq .05$ )

Anexo 5 - Análises de variância da variável peso hectolitro (g) das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Anos Agrícolas 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013.

Fator de variação	Quadrados médios					DMS
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	
Canola	475.18417	4347.96250	302.12194	2.61	14.3914 <sup>**</sup>	38.41346
Cártamo	762.07861	3337.83583	468.01694	3.72	7.1319 <sup>*</sup>	61.20209
Crambe	86.42222	546.56583	173.76472	4.50	3.1454 <sup>ns</sup>	28.60491
Nabo Forrageiro	0.42893	2.25556	0.09759	3.15	23.1122 <sup>**</sup>	0.67790
Níger	11.41889	447.88583	39.76472	1.19	11.2634 <sup>**</sup>	13.68386
Girassol	2078.70889	4884.97333	802.63222	5.77	6.0862 <sup>*</sup>	61.47776

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

ns - não significativo ( $p \geq .05$ )

Anexo 6 - Análises de variância da variável teor de óleo nos grãos (%) das culturas oleaginosas de inverno em função de três anos de cultivo. Anos Agrícolas 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 - Ponta Porã – MS, 2013.

Fator de variação	Quadrados médios					DMS
	Blocos	Tratamentos	Resíduo	CV (%)	Teste F	
Canola	0.33333	10.50000	0.94444	2.57	11.1176 <sup>**</sup>	2.14773
Cártamo	0.75000	9.25000	1.91667	3.67	4.8261 <sup>ns</sup>	3.00423
Crambe	3.22222	8.58333	0.80556	2.82	10.6552 <sup>*</sup>	1.94764
Nabo Forrageiro	0.52778	1.33333	1.44444	3.75	0.9231 <sup>ns</sup>	2.60802
Níger	3.19444	8.08333	0.52778	1.77	15.3158 <sup>**</sup>	1.57647
Girassol	1.63889	2.33333	0.88889	2.32	2.6250 <sup>ns</sup>	2.04590

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

ns - não significativo ( $p \geq .05$ ).