

Sorgo Biomassa BRS 716 para Produção de Forragem e Palha em Sistema de Plantio Direto e Preparo Convencional com Soja



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
216**

**Sorgo Biomassa BRS 716 para Produção
de Forragem e Palha em Sistema de Plantio
Direto e Preparo Convencional com Soja**

Emerson Borghi
Gustavo Ferreira da Silva
Juliano Carlos Calonego
Rafael Augusto da Costa Parrella
Matheus Simões Antonio

*Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2020*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretária-Executiva
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Emerson Borghi

1ª edição
Publicação digital (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome da unidade catalogadora

Sorgo biomassa BRS 716 para produção de forragem e palha em sistema de plantio direto e preparo convencional com soja / Emerson Borghi ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2020.
25 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 216).

1. *Sorghum bicolor*. 2. Sistema de cultivo. 3. Rotação de cultura. 4. *Glycine max*. I. Borghi, Emerson. II. Silva, Gustavo Ferreira da. III. Calonego, Juliano Carlos. IV. Parrella, Rafael Augusto da Costa. V. Antonio, Matheus Simões. VI. Série.

CDD 633.174 (21. ed.)

Sumário

Resumo	05
Abstract	07
Introdução.....	08
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	15
Conclusões.....	20
Referências	21

Sorgo Biomassa BRS 716 para Produção de Forragem e Palha em Sistema de Plantio Direto e Preparo Convencional com Soja

Emerson Borghi¹

Gustavo Ferreira da Silva²

Juliano Carlos Calonego³

Rafael Augusto da Costa Parrella⁴

Matheus Simões Antonio⁵

Resumo – O sorgo biomassa BRS 716 é conhecido pelo alto potencial de produção de biomassa e pela tolerância à seca. Pode ser uma opção de cultivo de outono-inverno para produção de forragem ou para produção de palha no Sistema Plantio Direto (SPD) em áreas de sequeiro, com possíveis respostas à adubação nitrogenada, dependendo do sistema de manejo do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biomassa de sorgo cultivar BRS 716 em sistema de preparo convencional do solo (SPC) e em SPD com diferentes doses de nitrogênio, assim como o efeito na produtividade da soja em sucessão, cultivada sobre a palhada de sorgo. O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois sistemas de manejo do solo de longa duração: SPD e SPC. O sorgo BRS 716 foi cultivado no outono-inverno de 2019, e a soja foi cultivada na safra verão 2019-2020. As subparcelas foram

1. Eng. Agrôn., DSc em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

2. Eng. Agrôn., MSc, aluno do curso de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu/SP;

3. Eng. Agrôn., DSc em Agronomia, Professor da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu/SP;

4. Eng. Agrôn., DSc em Genética e Melhoramento, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

5. Aluno do curso de graduação em Engenharia Agrônômica, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu/SP;

compostas pela ausência ou presença adubação nitrogenada nas doses de 50 ou 100 kg ha⁻¹ durante o cultivo de sorgo na safra de outono-inverno, no ano de 2019. Foram avaliadas as produtividades de biomassa seca de sorgo no pendoamento e de biomassa seca e úmida no estágio de grão pastoso. A biomassa de palhada seca sobre o solo foi avaliada no florescimento da soja. A produtividade de grãos de soja foi avaliada corrigindo-se o teor de água para 130 g de água kg⁻¹. Com 50 e 100 kg de N ha⁻¹ no SPC e SPD, respectivamente, houve produtividades acima de 6.000 kg ha⁻¹ de biomassa seca no estágio de pendoamento, mesmo com apenas 87 mm de chuva acumulada, viabilizando esta espécie com potencial para compor rotação de culturas para a sustentabilidade do SPD. As maiores produtividades de biomassa de sorgo no estágio de grão pastoso ocorreram em SPD na dose de 50 kg de N ha⁻¹, porém, na dose de 100 kg de N ha⁻¹, houve as maiores produtividades da soja em sucessão. O cultivo de sorgo com 50 kg de N ha⁻¹ permitiu uma cobertura do solo acima de 5.000 kg ha⁻¹ de palha no florescimento pleno da soja em sucessão.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*; *Glycine max*; cobertura do solo; rotação de culturas

BRS 716 Biomass Sorghum for Forage and Straw Production in a No-Tillage and Conventional Soy Preparation System

Abstract – The sorghum cultivar BRS 716 has high biomass yield and drought tolerance. It can be an autumn-winter species option for silage production or for straw production in no-tillage system (NT) in no-irrigated crops, with possible responses to nitrogen fertilization, depending on the soil management system. The aim of this work was to evaluate the sorghum biomass yield in conventional tillage system (CT) and in NT with different nitrogen doses, as well as the residual straw and the effect on soybean yield in succession. The experiment was conducted at the College of Agricultural Science, São Paulo State University, Botucatu, State of São Paulo, Brazil. The experimental design was in randomized blocks, in a split plot scheme, with four replications. The plots consisted of two long-term soil management systems (NT and CT). The subplots were composed by the absence or presence of nitrogen fertilizer at rates of 50 and 100 kg ha⁻¹ during the cultivation of sorghum in the autumn-winter season. Sorghum was grown in the 2019 autumn-winter and soybean in summer harvest 2019-2020. The yield of dry biomass of sorghum in the tasseling and of dry and wet biomass in the pasty-grain stage were evaluated. The dry-matter of straw above the ground was evaluated during soybean flowering. The soybean yield was evaluated considering the water content of the grains at 130 g kg⁻¹. The rates of 50 and 100 kg of N ha⁻¹ in the CT and NT, respectively, promoted grain yield above 6.000 kg ha⁻¹ of dry-matter sorghum in the tasseling stage, even with only 87 mm of accumulated rain. The highest yield of sorghum biomass in the pasty grain stage occurred in NT with 50 kg of N ha⁻¹, however with 100 kg of N ha⁻¹ there was the highest soybean yield. The sorghum grown with 50 kg of N ha⁻¹ allowed soil cover above 5.000 kg ha⁻¹ of straw in the soybean flowering.

Index terms: *Sorghum bicolor*; *Glycine max*; cover crop; crop rotation

Introdução

O Sistema Plantio Direto (SPD) é a principal técnica de manejo agrícola relacionada com a conservação do solo, a qual permitiu os maiores avanços no processo produtivo brasileiro (Rosa et al., 2011). Com o SPD foi possível expandir o cultivo de grãos para a região tropical no Brasil, viabilizando a produção de segunda safra (safra de outono-inverno). Atualmente a área estimada com SPD no Brasil é superior a 38 milhões de hectares (Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2018).

O SPD representa um marco na conservação da água e do solo nos sistemas agrícolas, em função dos seus preceitos, como o não revolvimento do solo, a rotação de culturas e a manutenção do solo coberto com palhada. Nem sempre esses preceitos são adotados em conjunto, o que coloca em risco a sustentabilidade do sistema. A cobertura permanente do solo promovida pelo SPD, além de atuar na redução da erosão (Shick et al., 2000), e no aumento da capacidade de retenção da umidade do solo (Salton; Mielniczuk; 1995), diminui o escoamento superficial e a evaporação da água na superfície (Hatfield et al., 2001; Baumhardt; Jones, 2002). Além desses fatores, o maior teor de matéria orgânica nas camadas superficiais contribui com a maior porosidade, favorecendo maior taxa de infiltração (Galdos et al., 2019).

No Cerrado, o principal desafio para o estabelecimento do SPD é a dificuldade de produção de palha, principalmente em condições não irrigadas, em razão da baixa produtividade das culturas de outono-inverno. Além disso, as condições climáticas não favorecem a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo (Alvarenga et al., 2001). A indicação sistemática de plantas de cobertura associadas a um sistema de rotação e de sucessão de culturas diversificadas para uso em SPD no bioma Cerrado é uma estratégia para acúmulo de palhada na superfície do solo (Wutke et al., 2014). O sucesso do SPD depende da escolha correta das espécies mais adaptadas às condições climáticas e agrícolas da região de uso (Oliveira et al., 2016), e que devem produzir palha suficiente para cobrir o solo e ter uma taxa de degradação lenta (Souza et al., 2013).

A grande dificuldade na adoção da rotação de culturas para o Cerrado brasileiro baseia-se na escolha das espécies para compor sistemas que proporcionem incrementos de produtividade na cultura principal. Espécies que

promovam, ao mesmo tempo, possibilidade de controle de plantas daninhas, redução da multiplicação de nematoides e, ainda, proporcionem cobertura morta sobre o solo, promovendo melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos, é o grande desafio para a pesquisa.

O sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L) Moench] é exemplo de cultura potencialmente energética por possuir características como espécie para a geração de energia por meio da combustão em fornos e caldeiras em sistemas de cogeração, em razão do alto rendimento de matéria seca da parte aérea por hectare (Parrella et al., 2011). Originalmente melhorada como espécie para a geração de energia por meio da combustão em fornos e caldeiras em sistemas de cogeração, o sorgo biomassa apresenta-se como uma matéria-prima promissora para cobertura vegetal no SPD, devido ao seu alto rendimento de matéria seca da parte aérea por hectare. De acordo com Oliveira et al. (2020), o sorgo biomassa é uma cultura que permite mecanização do plantio à colheita, com capacidade de produzir grande quantidade de biomassa por hectare.

O manejo adequado da adubação nitrogenada reduz as perdas desse nutriente no sistema (Pinto et al., 2010; Rosolem et al., 2017), sendo que a quantidade de nitrogênio (N) disponível pode afetar o crescimento e o rendimento das plantas (Souza; Soratto, 2006). Desta forma, a adubação com nitrogênio no sorgo deve ser específica e refletir as exigências das espécies cultivadas em diferentes condições de cultivo (Lyons et al., 2019).

O N é o nutriente mais absorvido pela cultura sorgo, tendo ação direta no crescimento e desenvolvimento da cultura (Wang et al., 2017), desta forma, refletindo na produção de biomassa seca. A maior quantidade de palha sobre o solo proporciona melhor cobertura, reduzindo os riscos de erosão e favorece a disponibilidade de água para as plantas (Shick et al., 2000; Silva, 2019), além disso, contribui com maior ciclagem de nutrientes no sistema de cultivo e maior produção de matéria orgânica (Raphael et al., 2016; Calonego; Rosolem, 2013), assim, podendo contribuir na produtividade da cultura subsequente.

Alguns estudos indicam que em áreas com maior deposição de resíduos vegetais na superfície do solo, principalmente de gramíneas, pode aumentar a necessidade de N para o crescimento adequado da cultura em sistemas de rotação, por causa da imobilização do nitrogênio por microrganismos do

solo (Kliemann et al., 2006). De acordo com Pariz et al. (2011) e Costa et al. (2014), a fertilização com nitrogênio nas culturas de entressafra é uma solução viável para aumentar a produtividade de forragens e grãos cultivados em sucessão. Além disso, Costa et al. (2016) observaram que o manejo com fertilização com N pode alterar a taxa de decomposição dos resíduos por mudar a relação C/N da palhada.

Na literatura há poucas informações relacionadas à produção de biomassa destinada para cobertura do solo e silagem para alimentação animal, especialmente quando se realiza adubação nitrogenada no sorgo biomassa em diferentes sistemas de manejo do solo. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biomassa de sorgo em sistema de preparo convencional (SPC) e sistema plantio direto (SPD) com diferentes doses de nitrogênio, assim como testar o efeito na produtividade da soja cultivada em sucessão, sobre a palhada de sorgo.

Material e Métodos

Localização

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda Lageado, na Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, localizada no município de Botucatu-SP, com latitude 22°49'S, longitude 48°25' WGrw e altitude de 786 m, em um Nitossolo Vermelho distrófico. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo CWa, que significa clima mesotérmico com inverno seco. Na Figura 1 estão representadas a distribuição de chuvas e as temperaturas médias diárias entre abril de 2019 e abril de 2020.

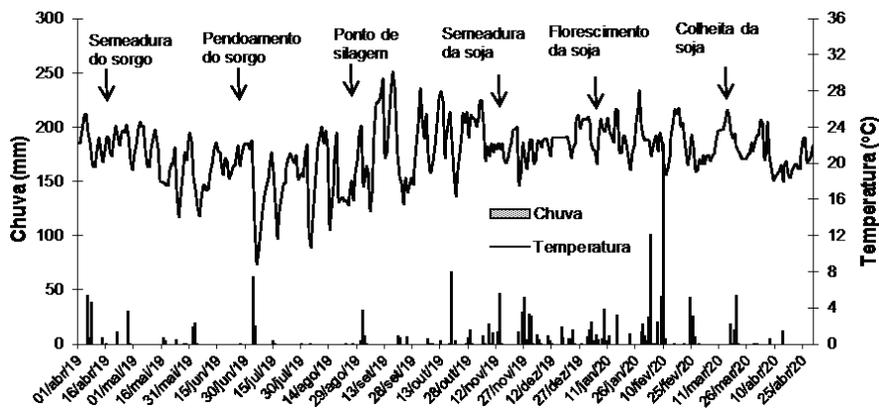


Figura 1. Distribuição de chuvas e temperaturas médias mensais entre abril de 2019 e abril de 2020.

Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas (421,2 m²) foram constituídas por dois sistemas de manejo do solo: Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Preparo Convencional (SPC), praticados na área desde 1985, com histórico de rotação de culturas e manejo apresentados na Tabela 1. As subparcelas (140,4 m²) foram compostas pela ausência ou presença de adubação nitrogenada nas doses de 50 ou 100 kg ha⁻¹ durante o cultivo de sorgo na safra de outono-inverno no ano de 2019.

As doses de N utilizadas foram escolhidas com base na faixa de adubação recomendada pela Embrapa Milho e Sorgo (Coelho, 2015), para a cultura do sorgo, considerando a expectativa de produtividade de biomassa.

Tabela 1. Sistemas de manejo do solo e sucessão de culturas praticados desde 1985 na área experimental.

Ano agrícola	Sistema de manejo				Safrinha outono-inverno/primavera-verão
	SPC		SPD		
	Outono	Primavera	Outono	Primavera	
1985/86	Aração + gradagem	Aração + gradagem	Aração + gradagem	Sem preparo	Trigo/soja
1986/87 a	Aração + gradagem	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Trigo/soja
1994/95	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Pousio/pousio
1995/96 a	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Pousio/pousio
1998/99	Aração + gradagem	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Aveia preta/milho
1999/00	Aração + gradagem	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Aveia preta/milho
2000/01 e	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Pousio/pousio
2001/02	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Pousio/pousio
2002/03 e	Aração + gradagem	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Aveia preta/milheto-feijão
2003/04	Aração + gradagem	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Aveia preta/milheto-feijão
2004/05 e	Aração + gradagem	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Aveia preta/milho
2005/06	Aração + gradagem	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Aveia preta/milho
2006/07	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Pousio/soja
2007/08	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Aveia amarela/feijão
2008/09	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Aveia amarela/feijão
2009/10 a	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Aveia preta/milho+baquiária
2011/12	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Aveia preta/milho+baquiária
2012/13	Sem preparo	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Braquiária/soja
2013/14	Sem preparo	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Trigo/soja
2014/15	Sem preparo	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Cártamo/soja
2015/16	Sem preparo	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Cártamo/milho
2016/17	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Aveia preta/milho
2017/18	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Milho/soja
2018/19	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Sorgo forrageiro/soja
2019/20	Aração + gradagem	Sem preparo	Sem preparo	Sem preparo	Sorgo biomassa/soja

Condução do experimento

Após a colheita da soja referente ao ano agrícola 2018/19, em 05/04/2019 realizou-se o preparo do solo com aração e gradagem nas parcelas conduzidas em SPC, e em 18/04/2019, o controle químico das plantas daninhas com herbicida glyphosate (2 kg ha⁻¹, 720 g e.a.) na parcela sob SPD. A semeadura do sorgo biomassa, cultivar BRS 716, ocorreu após a dessecação utilizando espaçamento de 0,45 m entrelinhas, com densidade de 145 mil plantas ha⁻¹, sem adubação. O espaçamento de 0,45 m, mais estreito do que o recomendado para a cultura, foi escolhido por se tratar de um cultivo de outono-inverno, visando a produção de palha para cobertura do solo. Como as condições climáticas nessa época do ano proporcionam um crescimento mais lento das plantas, para que ocorresse o fechamento rápido das entrelinhas e a maior cobertura do solo, optou-se por esse menor espaçamento, muito utilizado em Sistema Plantio Direto, nos cultivos de outono-inverno nessa região (Castro et al., 2017).

A adubação nitrogenada foi realizada em cobertura, 40 dias após a emergência do sorgo, tendo como fonte o sulfato de amônio. As plantas foram cultivadas até o ponto de silagem (estádio de grãos pastoso), em 21/08/2019, quando, após avaliação da produção de biomassa, todas as parcelas foram manejadas mecanicamente com Triton. Em 14/11/2019, após dessecação da área com herbicida glyphosate (2 kg ha⁻¹, 720 g e.a.), foi realizada a semeadura da soja cultivar TMG 7062, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas, visando densidade de 300 mil plantas ha⁻¹, utilizando-se sementes tratadas com fungicida Carboxin + Thiran, inseticida Tiametoxam, inoculante *Bradyrhizobium* sp., e micronutrientes Co e Mo. A adubação de semeadura foi com 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando KCl e P₂O₅, respectivamente.

O manejo fitossanitário da soja envolveu o controle de plantas daninhas com aplicação do herbicida Glyphosate (0,75 kg ha⁻¹, 720 g e.a.) associado com o herbicida Setoxidim (1,25 L ha⁻¹, 184 g e. a.) em 10/01/2020. Foram aplicados, de forma preventiva, o fungicida Pyraclostrobin + Epoxiconazol (0,6 L ha⁻¹) e o inseticida Tiametoxam + Lambda-Cialotrin (0,2 L ha⁻¹), no dia 16/01/2020. No dia 30/01/2018 fez-se a aplicação do fungicida Azoxystrobin + Cyproconazole (0,6 L ha⁻¹) e inseticida Tiametoxam + Lambda-Cialotrin (0,2

L ha⁻¹). No dia 07/03/2020 fez-se a aplicação do inseticida Tiametoxam + Lambda-Cialotrin (0,2 L ha⁻¹), e a colheita foi efetuada em 13/03/2020.

Avaliações

Avaliou-se a produção de biomassa do sorgo em duas épocas: no momento do pendoamento (27/06/2019), cortando-se as plantas rente ao solo, e no estágio de grão pastoso (21/08/2019), esta última considerando como ponto de corte para silagem a 15 cm do solo, simulando corte mecânico. A escolha da avaliação no ponto de silagem no estágio de grão pastoso ocorreu 126 dias do ciclo de desenvolvimento das plantas, coincidindo com a época a partir da qual Queiroz (2020) observou drástica redução no teor de proteína bruta do sorgo BRS 716, semeado com espaçamento entrelinhas de 0,45 m. Em ambas as épocas de avaliação, foram amostradas as plantas de três linhas de 1 m de comprimento, em pontos aleatórios de cada subparcela. As amostras coletadas foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada, a 65 °C, até atingir massa constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas, e o valor foi extrapolado para kg ha⁻¹ de biomassa seca. Na amostragem realizada no ponto de silagem, as plantas também foram pesadas úmidas, ou seja, antes de serem submetidas à secagem em estufa.

Por ocasião do florescimento pleno da soja (estádio R2), em 09/01/2020, amostras da palhada depositada sobre o solo foram coletadas com auxílio de gabarito de madeira com área de 0,25 m². Foram coletadas três amostras aleatórias em cada subparcela, e o material foi seco em estufa e pesado para obtenção da massa de palhada residual sobre o solo em kg ha⁻¹.

A estimativa da produtividade da soja foi realizada após a maturidade fisiológica dos grãos (R9), colhendo-se as plantas da área útil das subparcelas, sendo o teor de água dos grãos corrigidos para 130 g de água kg⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste t a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Houve interação significativa entre os sistemas de manejo do solo e as doses de N na biomassa seca do sorgo no estágio de pendramento (Figura 2), e na biomassa úmida e seca no ponto de silagem (Figuras 3 e 4, respectivamente). Verificou-se uma maior resposta do sorgo à adubação nitrogenada na produção de biomassa em SPD. Na avaliação realizada no pendramento (Figura 2), as maiores produtividades de biomassa seca ocorreram em SPC na dose 50 kg de N ha⁻¹ e em SPD na dose de 100 kg de N ha⁻¹, com 6.380 e 6.100 kg ha⁻¹ de biomassa seca.

A avaliação de biomassa no florescimento do sorgo indica o potencial dessa espécie como planta de cobertura do solo em SPD, pois as doses de 50 e 100 kg de N ha⁻¹ no sorgo em SPC e SPD, respectivamente, possibilitaram quantidades superiores a 6.000 kg ha⁻¹ de biomassa seca, considerada quantidade mínima de palhada para SPD, de acordo Alvarenga et al. (2001). Cabe ressaltar que essa quantidade de biomassa foi atingida com apenas 71 dias após a emergência das plantas, em plena safra de outono-inverno e com apenas 87 mm de chuva acumulada até o momento da avaliação. Essa quantidade é superior às quantidades normalmente obtidas nessa região com espécies e plantas de cobertura. Leite (2019), cultivando milho como planta de cobertura, relatou produção de palhada equivalente a 4.510 kg ha⁻¹ com 70 dias de cultivo. O mesmo autor relatou produtividades de palhada de triticale no outono-inverno inferiores a 3.000 kg ha⁻¹. Sodré Filho et al. (2004), cultivando milho no outono-inverno na região de Planaltina-DF, obtiveram quantidades de palhada no florescimento inferiores a 1.900 kg ha⁻¹.

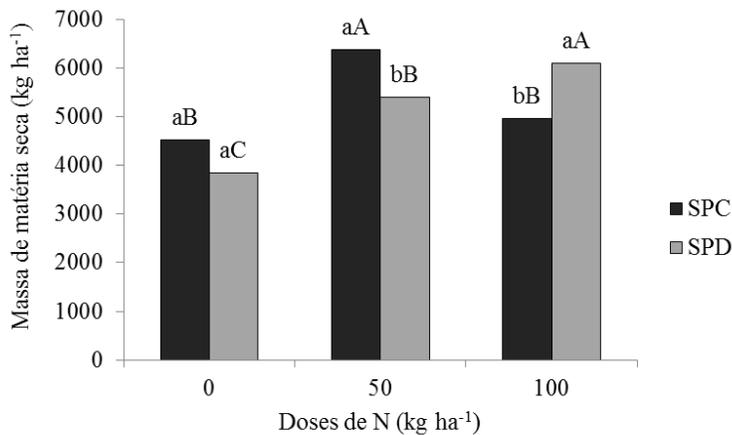


Figura 2. Biomassa seca de sorgo biomassa na fase de florescimento em Sistema Plantio Direto (SPD) e Preparo Convencional (SPC), sem adubação nitrogenada (dose 0) e com 50 e 100 kg de N ha⁻¹. Médias com letras iguais minúsculas não diferem entre si na comparação entre os sistemas de manejo do solo dentro de cada dose de N, e médias com letras iguais maiúsculas não diferem entre si na comparação entre as doses de N dentro de cada sistema de manejo, pelo teste t a 5% de probabilidade.

Na avaliação no ponto de silagem verificou-se, tanto em SPC como em SPD, maiores produtividades de biomassa úmida (Figura 3A) e seca (Figura 3B) com a dose de 50 kg de N ha⁻¹. Nessa dose de N, as produtividades de biomassa úmida foram de 19.705 e 22.077 kg ha⁻¹ em SPC e SPD, respectivamente, e as produtividades de biomassa seca foram de 7.877 e 8.866 kg ha⁻¹ em SPC e SPD, respectivamente. Portanto, a dose de 50 kg de N ha⁻¹ resultou em maior eficiência agrônômica da adubação nitrogenada, ou seja, possibilitou maiores produtividades de biomassa de sorgo por kg de N aplicado. Cabe ressaltar que essas quantidades de biomassa no ponto de silagem foram obtidas em safra de outono-inverno, com 126 dias de cultivo e com 170 mm de chuva acumulada entre a semeadura e o momento da avaliação.

Na comparação entre sistemas de manejo do solo, observaram-se maiores produtividades de biomassa úmida e seca em SPD em ambas as doses de N utilizadas. Maiores respostas à adubação nitrogenada ocorreram em SPD, com incrementos de 85% e 93% na produtividade de biomassa úmida e seca, respectivamente, de sorgo no ponto de silagem quando foram utili-

zados 50 kg de N ha⁻¹. Na ausência de fertilização nitrogenada, as maiores produtividades foram obtidas no cultivo de sorgo em SPC.

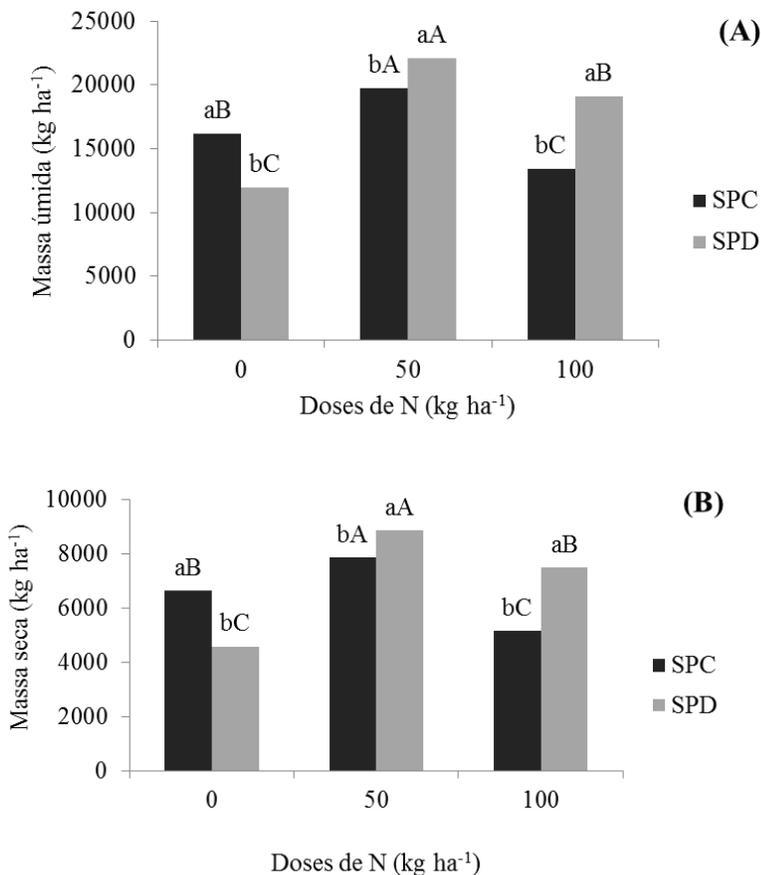


Figura 3. Massa de matéria úmida (A) e matéria seca (B) de sorgo biomassa no ponto de silagem (estádio de grão pastoso) em Sistema Plantio Direto (SPD) e Preparo Convencional (SPC), sem adubação nitrogenada (dose 0) e com 50 e 100 kg de N ha⁻¹. Médias com letras iguais minúsculas não diferem entre si na comparação entre os sistemas de manejo do solo dentro de cada dose de N, e médias com letras iguais maiúsculas não diferem entre si na comparação entre as doses de N dentro de cada sistema de manejo, pelo teste t a 5% de probabilidade.

A resposta do sorgo à adubação nitrogenada pode variar, entre outros fatores, por causa das condições edafoclimáticas, além de fatores genéticos inerentes a cada cultivar (Magalhães et al., 2000; Silva; Lovato, 2008). Porém, fica evidente neste trabalho que o sistema de manejo do solo também influencia na resposta do sorgo à adubação com N. A diferença na resposta à adubação nitrogenada do sorgo nos dois sistemas está relacionada à dinâmica de N no solo em função do sistema de manejo/preparo. Em SPC, ocorre rápida mineralização do nitrogênio da matéria orgânica e resíduos vegetais, suprimindo a necessidade da cultura, principalmente em solo argiloso, com maior disponibilidade de N. Já em SPD, por ocorrer mobilização mínima do solo, o processo de mineralização da matéria orgânica é lento, não suprimindo a demanda da planta. Além disso, com a adição de C pelos restos vegetais, principalmente de restos vegetais com elevada relação C/N, ocorre a imobilização de N pelos microrganismos do solo, aumentando a dependência e resposta da planta à adubação nitrogenada (Cantarella, 2007).

Na Figura 4 estão apresentados os resultados de quantidade de palhada sobre o solo no momento do florescimento pleno da soja. Não foram observadas diferenças entre os sistemas de manejo, independentemente da dose de N, e as maiores quantidades de palha foram observadas na dose de 50 kg de N ha⁻¹. Ressalta-se que essa palhada, superior a 5.000 kg ha⁻¹, manteve-se em superfície do solo mesmo após 141 dias do manejo do sorgo, revelando a capacidade desta espécie como opção para cobertura no SPD, mantendo a proteção do solo por longo período.

Na ausência de N e na dose de 50 kg de N ha⁻¹ não foram observadas diferenças entre os sistemas de manejo para quantidade de palha sobre o solo no momento do florescimento da soja. No entanto, na dose de 100 kg de N ha⁻¹ verificou-se menor quantidade de palha no manejo em SPD, sendo esse resultado provavelmente explicado pela condição de solo com maior teor de matéria orgânica neste sistema de longa duração (Tabela 1), que favorece a atividade de macro e microrganismos no solo, que atuam na degradação da palhada, principalmente em doses maiores de N.

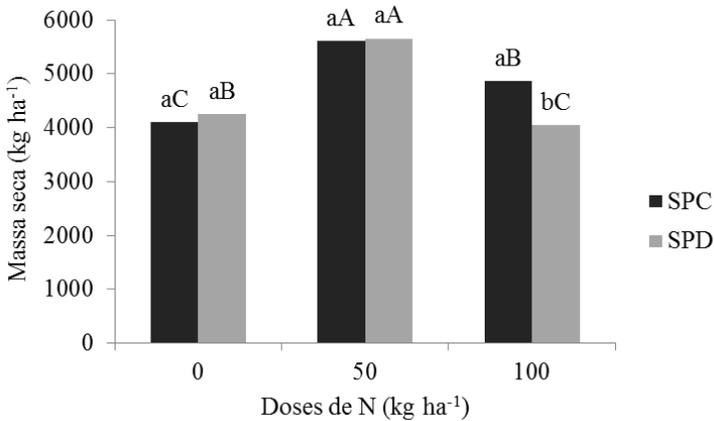


Figura 4. Massa de matéria seca de palhada de sorgo biomassa sobre o solo no estágio de florescimento da soja, em função dos sistemas de manejo do solo (SPD = Sistema Semeadura Direta; SPC = Sistema de Preparo Convencional) e na adubação nitrogenada no cultivo do sorgo (0, 50 e 100 kg de N ha⁻¹). Médias com letras iguais minúsculas não diferem entre si na comparação entre os sistemas de manejo do solo dentro de cada dose de N, e médias com letras iguais maiúsculas não diferem entre si na comparação entre as doses de N dentro de cada sistema de manejo, pelo teste t a 5% de probabilidade.

Quanto à produtividade da soja (Figura 5) em sucessão ao sorgo, verificaram-se maiores produtividades de grãos em SPD, com exceção da dose de 50 kg de N ha⁻¹, em que não houve diferença significativa entre os sistemas de manejo. Em SPD, a maior produtividade de grãos de soja ocorreu com a maior dose de N (100 kg ha⁻¹) aplicada no sorgo. Já em SPC, a maior produtividade de soja ocorreu com a dose de 50 kg de N ha⁻¹.

As respostas da cultura da soja à adubação nitrogenada no sorgo provavelmente não são resultado da ação residual do fertilizante, já que são muitos os trabalhos que não apontam para respostas diretas da soja à adubação nitrogenada (Franchini et al., 2015; Hungria; Mendes, 2015; Werner et al., 2016; Yokoyama et al., 2018). Porém, a adubação nitrogenada na cultura antecessora pode promover efeitos benéficos indiretos, como estimular a atividade de microrganismos benéficos, ou microrganismos responsáveis pela mineralização da matéria orgânica, por meio do efeito *priming*, aumentando a disponibilização de nutrientes para a cultura em sucessão (Cantarella, 2007).

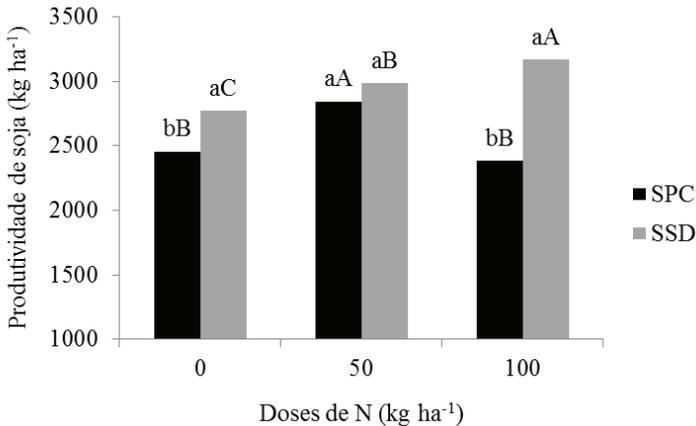


Figura 5. Produtividade de soja em Sistema Plantio Direto (SPD) e Preparo Convencional (SPC), sem adubação nitrogenada (dose 0) e com 50 e 100 kg de N ha⁻¹, aplicados no cultivo anterior de sorgo biomassa. Médias com letras iguais minúsculas não diferem entre si na comparação entre os sistemas de manejo do solo dentro de cada dose de N, e médias com letras iguais maiúsculas não diferem entre si na comparação entre as doses de N dentro de cada sistema de manejo, pelo teste t a 5% de probabilidade.

Conclusões

A resposta do sorgo BRS 716 à adubação nitrogenada foi influenciada pelo sistema de manejo do solo utilizado, sendo as maiores respostas obtidas sob Sistema Plantio Direto.

O sorgo BRS 716 com 50 e 100 kg de N ha⁻¹ no SPC e SPD, respectivamente, produziu acima de 6.000 kg ha⁻¹ de biomassa seca da parte aérea no estágio de pendramento, mesmo com apenas 87 mm de chuva acumulada, viabilizando esta espécie com potencial para compor rotação de culturas para a sustentabilidade do SPD em regiões com características semelhantes no bioma Cerrado.

As produtividades de biomassa seca de 7.877 e 8.866 kg ha⁻¹ em SPC e SPD, respectivamente, no ponto de silagem foram obtidas com 126 dias de cultivo e com 170 mm de chuva acumulada entre a semeadura e o momento da avaliação, demonstrando o grande potencial desta espécie na produção

de biomassa mesmo em épocas com restrições hídricas características do período de outono-primavera.

As maiores produtividades de biomassa de sorgo BRS 716 no estágio de grãos pastosos ocorreram em SPD na dose de 50 kg de N ha⁻¹, porém, a dose de 100 kg de N ha⁻¹ proporciona maiores produtividades da soja em sucessão.

O cultivo de sorgo com 50 kg de N ha⁻¹ na safra outono-inverno, em condição de sequeiro, permitiu uma cobertura do solo com quantidade de palha acima de 5.000 kg ha⁻¹ no florescimento pleno da soja em sucessão, mesmo após 141 dias da semeadura da planta de cobertura.

Referências

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.

BAUMHARDT, R. L.; JONES, O. R. Residue management and tillage effects on soil-water storage and grain yield of dryland wheat and sorghum for a clay loam in Texas. **Soil and Tillage Research**, v. 68, n. 2, p. 71-82, 2002.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus and potassium balance in a corn-soybean rotation under no-till and chiseling. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 96, p. 123-131, 2013.

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

CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; BRYE, K. R. Surface lime and silicate application and crop production system effects on physical characteristics of a Brazilian Oxisol. **Soil Research**, v. 55, n. 5/6, p. 778-787, 2017.

COELHO, A. M. Cultivo do sorgo: nutrição e adubação. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho

e Sorgo, 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1ga-1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducao16-8301&p_r_p_-996514994_topicoid=9204>. Acesso em: 30 set. 2020.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M.; SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Macronutrient accumulation and decomposition of brachiaria species as a function of nitrogen fertilization during and after intercropping with corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1223-1233, 2014.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J.; MORO, E. Nitrogen fertilization on palisadegrass: phytomass decomposition and nutrients release. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p. 159-168, 2016.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Evolução do plantio direto no Brasil**. Foz do Iguaçu, 2018. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 11 mar. 2020.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Crescimento da soja influenciado pela adubação nitrogenada na cultura, pressão de pastejo e épocas de dessecação de *Urochloa ruziziensis*. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 129-135, 2015.

GALDOS, M. V.; PIRES, L. F.; COOPER, H. V.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A.; MOONEY, S. J. Assessing the long-term effects of zero-tillage on the macroporosity of Brazilian soils using X-ray computed tomography. **Geoderma**, v. 337, p. 1126-1135, 2019.

HATFIELD, J. L.; SAUER, T. J.; PRUEGER, J. H. Managing soils to greater water use efficiency: a review. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 2, p. 271-280, 2001.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. (Ed.). **Biological nitrogen fixation**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2015. p. 1009-1024.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Decomposition rates of cover crop residues on a Dystrophic Oxisol. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

LEITE, H. M. F. **Fósforo e comunidade bacteriana do solo em sucessões de culturas sob semeadura direta**. 2019. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

LYONS, S. E.; KETTERINGS, Q. M.; GODWIN, G. S.; CHERNEY, D. J.; CHERNEY, J. H.; AMBURGH, M. E. van; MEISINGER, J. J.; KILCER, T. F. Optimal harvest timing for brown midrib forage sorghum yield, nutritive value, and ration performance. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 8, p. 7134-7149, 2019.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 3).

OLIVEIRA, I. C. M.; GUILHEN, J. H. S.; RIBEIRO, P. C. de O.; GEZAN, S. A.; SCHAFFERT, R. E.; SIMEONE, M. L. F.; DAMASCENO, C. M. B.; CARNEIRO, J. E. de S.; CARNEIRO, P. C. S.; PARRELLA, R. A. da C.; PASTINA, M. M. Genotype-by-environment interaction and yield stability analysis of biomass sorghum hybrids using factor analytic models and environmental covariates. **Field Crops Research**, v. 257, 107929, 2020.

OLIVEIRA, F. E. R.; OLIVEIRA, J. M.; XAVIER, F. A. Z. Changes in soil organic carbon fractions in response to cover crops in an orange orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, 0150105, 2016.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Corn grain yield and dry mass of Brachiaria intercrops in the crop-livestock integration system. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; MAY, A.; EMYGDIO, B.; PORTUGUAL, A. F.; DAMASCENO, C. M. B. **Desempenho agrônomo de híbridos de sorgo biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim Pesquisa e Desenvolvimento, 41).

PINTO, A. P.; ABRAHÃO, J. J. S.; MARQUES, J. A.; NASCIMENTO, W. G.; PEROTTO, D.; LUGÃO, S. M. B. Desempenho e características de carcaça de tourinhos mestiços terminados em confinamento com dietas à base de cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 198-203, 2010.

QUEIROZ, F. E. de. **Potencial forrageiro da silagem de sorgo biomassa**. 2019. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2020.

RAPHAEL, J. P. A.; CALONEGO, J. C.; MILORI, D. M. B. P.; ROSOLEM, C. A. Soil organic matter in crop rotations under no-till. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p. 45-53, 2016.

ROSA, J. R. P.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, A. K. Avaliação do comportamento agrônomo da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 302-312, 2004.

ROSOLEM, C. A.; RITZ, K.; CANTARELLA, H.; GALDOS, M. V.; HAWKESFORD, M. J.; WHALLEY, W. R.; MOONEY, S. J. Enhanced plant rooting and crop system management for improved N use efficiency. **Advances in Agronomy**, v. 146, p. 205-239, 2017.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 313-319, 1995.

SHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 427-436, 2000.

SILVA, P. C. S.; LOVATO, C. Análise de crescimento e rendimento em sorgo granífero em diferentes manejos com nitrogênio. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 1, p. 15-33, 2008.

SILVA, G. F. **Armazenamento e disponibilidade de água no solo para as plantas em sistema de manejo de longa duração**. 2019. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

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

SOUZA, E. de F. C. de; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.

SOUZA, L. D.; SANTOS, C. V.; SOUZA, L. S.; PEREIRA, B. L. S. **Resistência à penetração em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros, sob cobertura vegetal com leguminosas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).

WANG, C.; ZHOU, L.; ZHANG, G.; XU, Y.; ZHANG, L.; GAO, X.; GAO, J.; JIANG, N.; SHAO, M. Optimal fertilization for high yield and good quality of waxy sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Field Crops Research**, v. 203, p. 1-7, 2017.

WERNER, F.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 8, p. 734-738, 2016.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 59-168.

YOKOYAMA, A. H.; RIBEIRO, R. H.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIAI, H.; ZUCARELI, C. Índices de área foliar e SPAD da soja em função de culturas de entressafra e nitrogênio e sua relação com a produtividade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 953-962, 2018.

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL