

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

**ASPECTOS DA AGRICULTURA CONSERVACIONISTA E
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM
SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA**

Autor: Jordaanny Danyelly Pereira Lima
Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano

Rio Verde – GO
Agosto – 2018

**ASPECTOS DA AGRICULTURA CONSERVACIONISTA E
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM
SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA**

Autor: Jordaanny Danyelly Pereira Lima
Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA, no Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde - Área de concentração Tecnologias sustentáveis em sistemas de produção e uso do solo e água.

Rio Verde – GO
Agosto – 2018

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

LL73 Lima, Jordaanny Danyelly Pereira
ASPECTOS DA AGRICULTURA CONSERVACIONISTA E
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM SISTEMAS
INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA / Jordaanny
Danyelly Pereira Lima; orientador Eduardo da Costa Severiano;
coorientadora Kátia Aparecida de Pinho Costa. -- Rio Verde, 2018.
83 p.

Dissertação (Graduação em Programa de Pós-graduação em Ciências
Agrárias – Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2018.

1. Integração agricultura-pecuária. 2. descompactação biológica do solo. 3.
prestação de serviço ambiental. I. Severiano, Eduardo da Costa, orient. II. Costa,
Kátia Aparecida de Pinho, coorient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

**ASPECTOS DA AGRICULTURA CONSERVACIONISTA E
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM
SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA**

Autor: Jordaanny Danyelly Pereira Lima
Orientador: Dr. Eduardo da Costa Severiano

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias – Agronomia – Área de
concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

APROVADA em, 22 de agosto de 2018.

Prof.^a. Dr.^a Kátia Aparecida de Pinho Costa
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Prof. Dr. Piero Iori
Avaliador externo
UFG/Jataí

Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano
Presidente da Banca
IF Goiano/RV

“Os eruditos são aqueles que leram coisas nos livros, mas os pensadores, os gênios, os fochos de luz e promotores da espécie humana são aqueles que as leram diretamente do livro do mundo”.

(Schopenhauer)

“Quando você conseguir superar graves problemas de relacionamento, não se detenha na lembrança dos momentos difíceis, mas na alegria de haver atravessado mais esta prova em sua vida. Quando sair de um longo tratamento de saúde, não pense no sofrimento que foi necessário enfrentar, mas na bênção de Deus que permitiu a cura. Leve na sua memória, para o resto da vida as coisas boas que surgiram nas dificuldades. Elas serão uma prova de sua capacidade, e lhe darão confiança diante de qualquer obstáculo.”

(Chico Xavier)

A Deus, pela fortaleza e misericórdia insondáveis;

Aos meus pais, Maria Madalena e Allan Rosaldo (*in memoriam*), e meu esposo Alexandre Marques e meus irmãos Jacqueline Onassis e Jardell Victor, meus cunhados Samara Bortoli, Rones Fernandes, minha sogra Mirian Cristina e minhas sobrinhas Izadora Lima e Hanayane Lima, pelo amor, apoio e motivação incondicionais,
DEDICO.

A todos familiares e amigos, pela torcida e orações,

Ao meu orientador Eduardo Severiano,

pela paciência e contribuição,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Gratidão, primeiramente a Deus e pelo Amor Misericordioso do Senhor Jesus, que me protegeu e manteve animada e motivada para enfrentar as inúmeras dificuldades no decorrer do caminho.

Gratidão aos meus pais Allan Rosaldo de Freitas Lima (*in memoriam*) e Maria Madalena Pereira Lima, que sempre acreditaram no meu potencial apoiando em todas as decisões que tomei no decorrer da minha vida acadêmica. Ao meu esposo Alexandre Marques Fernandes, que além de me apoiar, ouviu e aconselhou todos os dias. Aos meus irmãos Jacqueline Onassis Pereira Lima e Jardell Victor Pereira Lima, que sempre me apoiam com palavras motivadoras e mão de obra. A minha sogra Mirian Cristina Fonseca e minhas sobrinhas Hanayane e Isadora, que me auxiliaram e motivaram. Aos meus cunhados Samara Bortoli e Rones Silva, pela ajuda com mão de obra e amizade.

Gratidão ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Severiano, por acreditar em mim e apoiar quando manifestei meu sonho de seguir carreira acadêmica. Sei que não foi fácil adequar nossos horários! Obrigada pelo aceite de contribuir com meu crescimento profissional e pessoal e pelos conhecimentos que transferiu desde a graduação.

Minha gratidão aos amigos que conquistei no IF Goiano: Marlete, Josué, Leonardo, Victória, Carlos Alexandre, Aline, Tatiana, Fausto, Savio, Lucas Freitas e Paulo Henrique. Muito mais que colegas do Laboratório de Física do Solo, verdadeiros companheiros de dias labutados a campo, de lágrimas e alegrias, de conhecimentos partilhados e piadas amenizadoras. Sem a ajuda de vocês não seria possível essa conclusão. Agradeço ao técnico do Laboratório Wainer Gomes, por ser meu amigo nas horas difíceis e nos momentos de alegria, também agradeço pelos conselhos, por suas contribuições intelectuais, pela ajuda nos procedimentos das análises.

Agradeço aos amigos e colegas de disciplinas e de outros laboratórios pela solicitude sempre demonstrada, em especial Virginia, Gabriel, Jefte e Mariana.

Agradeço ao Instituto Federal Goiano e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela oportunidade de cursar o Mestrado numa instituição com qualidade e estrutura ascendentes e na minha cidade natal, sinto-me em casa na instituição, pois cresci estudando aqui, fiz técnico em agropecuária e agronomia e agora o mestrado.

Gratidão aos setores de Mecanização e Gerência de Produção, coordenadas pelo Wenner e José Flávio, respectivamente, e também ao funcionário Lindomar. Obrigada pela ajuda com insumos, trator, implementos e serviço; vocês foram essenciais na implantação e conclusão desse projeto.

Agradeço à coorientação da Prof.^a Dr.^a Kátia Costa e suas contribuições, sobretudo por ceder a infraestrutura do Laboratório de Forragicultura e seus alunos orientados, permitindo a realização das análises desse trabalho. Agradeço ao Laboratório de Plantas Daninhas e Prof. Dr. Adriano Jakelaitis, pelas dependências utilizadas para realização de parte das análises desse trabalho e insumos fornecidos e conhecimentos transferidos. Agradeço também ao Prof. Dr. Piero Iori – UFG/Jataí, por aceitar participar da banca examinadora e pelas contribuições ao presente estudo.

Agradeço aos demais professores e servidores do Programa de Pós-Graduação que foram também amigos nas horas de necessidades. Obrigada Prof. Frederico Loureiro, Prof. Carlos Rodrigues, Prof. Gustavo Castoldi, Prof. Alan Carlos, Prof. Paulo Eduardo, Prof. Juliana Sales, Prof. Adriano Jakelaitis, Prof. Alessandro Guerra, e de modo especial à secretária do curso Vanilda. Também aos meus professores da graduação Prof. João Cleber Modernel, pela amizade e apoio desde a graduação, Prof. Marconi, obrigada pelas conversas de corredor e ao Prof. Márcio Peixoto que desde a graduação sempre me aconselhou e me ouviu.

Agradeço aos ex-colegas de trabalho (amigos) do SENAI que me apoiaram no decorrer do mestrado, sempre com palavras motivadoras e com elogios verdadeiros, em especial: Sérgio Carrijo, Itamir, Cleones, Wisly, Juliano, Edson, Cristiano, Rafael, Amanda, Maksione, Helisdite, Juliano, Thiago, Kellen e aos meus alunos que me ajudaram Paula Fernanda, Gabriela e Lavinia.

Agradeço aos parceiros que forneceram insumos Grupo Cereal, Locação de Máquinas e implementos Agrícolas e Whenderson.

Enfim, gratidão a todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para esse momento e que talvez pela débil memória não consegui contemplar nestas linhas.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Jordaanny Danyelly Pereira Lima, filha de Allan Rosaldo de Freitas Lima e Maria Madalena Pereira Lima, nascida em 03 de maio de 1987 na cidade de Rio Verde, no estado de Goiás.

Entre os anos de 2003 a 2005, cursou o ensino médio concomitante ao Técnico Agrícola no Instituto Federal Goiano – CAMPUS Rio Verde. Iniciou a graduação em Administração com Habilitação em Agronegócio em 2006 na Faculdade Almeida Rodrigues – FAR, concluiu no segundo semestre de 2009. No ano de 2010, iniciou MBA Gestão Empresarial com Ênfase em Estratégia na Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PUC GOIÁS, Goiânia concluiu no primeiro semestre de 2011.

No ano de 2011, iniciou Graduação em Agronomia no Instituto Federal Goiano – CAMPUS Rio Verde, desenvolveu atividades de ensino, pesquisa e extensão como bolsista Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e também foi bolsista do PIBIC no laboratório de Física dos Solos.

Em setembro de 2016, ingressou no Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Ciências Agrárias - Agronomia, nível de mestrado, no Instituto Federal Goiano – CAMPUS Rio Verde, sob a orientação do Professor Dr. Eduardo da Costa Severiano. A defesa da dissertação ocorreu em 21 de agosto 2018.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FÍGURAS	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	15
1.1 Sistemas de integração agricultura-pecuária como sistema conservacionista	15
1.2 Cultivo de soja em sistema de integração Agricultura-Pecuária.....	17
1.3 Qualidade física do solo	19
1.4 Degradação do solo e uso de braquiárias na recuperação da qualidade do solo ...	22
1.5 Decomposição da biomassa de cobertura	24
1.6 Plantabilidade.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
2. OBJETIVOS	41
RESUMO.....	42
ABSTRACT.....	44
3.1 INTRODUÇÃO.....	45
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	46
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.4 CONCLUSÕES	69
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização física e química do Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde – GO, 2016.	47
Tabela 2. Complexo sortivo na camada de 0-0,20m do Latossolo Vermelho Distroférico típico no município de Rio Verde - GO.	47

ÍNDICE DE FÍGURAS

- Figura 1.** Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) diária durante o ciclo da cultura da soja no município de Rio Verde, Goiás.....48
- Figura 2.** Variação do conteúdo de água no solo (θ) com o incremento da densidade do solo (Ds), nos limites críticos de capacidade de campo (θ_{CC} , -0,006 MPa), ponto de murcha permanente (θ_{PMP} , -1,5 MPa), porosidade de aeração a 10% (θ_{PA}), e resistência do solo à penetração de 2,0 MPa (θ_{RP}), do Latossolo Vermelho Distroférico cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária, no município de Rio Verde, Goiás. A área hachurada representa o intervalo hídrico ótimo (IHO); Dsc: densidade crítica ao desenvolvimento das plantas..... 54
- Figura 3.** Atributos de qualidade física do solo [Densidade do solo (A) e alterações no intervalo hídrico ótimo (B)] do Latossolo Vermelho Distroférico em sistemas de agricultura conservacionista no município de Rio Verde, Goiás. Médias entre os sistemas forrageiros seguidas de mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Barras verticais indicam o erro padrão da média.. 55
- Figura 4.** Plantabilidade de soja em decorrência dos sistemas conservacionistas de produção agropecuária em decorrência na distribuição longitudinal de plantas (A) e população de plantas (B) em Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde, Goiás. Linhas tracejadas indicam a média e as barras verticais, o erro padrão da média..... 58
- Figura 5.** Curva de decomposição de biomassa de cobertura de Brachiaria e milho, no desdobramento em livre crescimento (A) e sob corte de simulação de pastejo (B) e cultivados em sistemas de integração agricultura-pecuária sob um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde, Goiás. Barras verticais indicam o erro padrão da média..... 61
- Figura 6.** Tempo de meia-vida de biomassa de cobertura de Brachiaria e milho, no desdobramento em livre crescimento (A) e sob corte de simulação de pastejo (B) e cultivados em sistemas de integração agricultura-pecuária sob um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde, Goiás. Barras verticais indicam o erro padrão da média.....64
- Figura 7.** Produtividade de soja cultivada em diferentes sistemas de integração agricultura-pecuária sob um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde, Goiás. Médias..... 66
- Figura 8.** Correlação de Pearson entre indicadores de agricultura conservacionista e produtividade da soja em um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde, estado de Goiás, sob diferentes sistemas forrageiros e de manejo do solo..... 68

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACIONES E UNIDADES

θ	-----	conteúdo de água no solo ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$)
θ_{CC}	-----	conteúdo de água na capacidade de campo ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$)
θ_{PMP}	-----	conteúdo de água no ponto de murcha permanente ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$)
θ_{RP}	-----	conteúdo de água na resistência do solo à penetração ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$)
θ_{PA}	-----	conteúdo de água na porosidade de aeração a 10% ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$)
$^{\circ}\text{C}$	-----	graus Celsius
o ‘ ‘	-----	graus minutos segundos
“	-----	polegadas
%	-----	por cento
Aw	-----	verão chuvoso
Ca^{2+}	-----	íon cálcio
CaCl_2	-----	cloreto de cálcio
Ccm	-----	centímetros de coluna de água
Cm	-----	centímetro
$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$	-----	centimol de carga por decímetro cúbico
cv.	-----	cultivar
cv.	-----	cavalo vapor
CV	-----	Coefficiente de Variação
$\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$	-----	decímetro cúbico por decímetro cúbico
Dp	-----	densidade de partículas (kg dm^{-3})
DAS	-----	dias após a semeadura
DMA	-----	desvio médio absoluto
Ds	-----	densidade do solo (kg dm^{-3})
D_{s_c}	-----	densidade do solo crítica (kg dm^{-3})
D_{s_b}	-----	densidade do solo benéfica (kg dm^{-3})
Eq.	-----	equação
et al.	-----	e colaboradores
g	-----	gramas
g kg^{-1}	-----	gramas por quilo
H	-----	horas
Há	-----	hectare
$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$	-----	hidrogênio mais alumínio
IHO	-----	intervalo hídrico ótimo
IAP	-----	Integração agricultura pecuária
K_2O	-----	óxido de potássio
kPa	-----	kilo Pascal
K^+	-----	íon potássio
Kg	-----	quilograma
kg dm^{-3}	-----	quilograma por decímetro cúbico
Mg ha^{-1}	-----	Megagrama por hectare
L ha^{-1}	-----	litros por hectare
Mg	-----	megagrama
M	-----	metro
m^2	-----	metro quadrado
m^3	-----	metro cúbico
Mg^{+2}	-----	íon magnésio

mg dm ⁻³	-----	miligrama por decímetro cúbico
Mg m ⁻³	-----	megagrama por metro cúbico
Mm	-----	milímetros
mm min ⁻¹	-----	milímetros por minuto
MPa	-----	mega Pascal
Ns	-----	não significativo
N	-----	nitrogênio
NDF	-----	número de dias para florescimento
NDM	-----	número de dias à maturação
P ₂ O ₅	-----	pentóxido de fósforo
pH	-----	potencial de hidrogênio
P	-----	fósforo
PT	-----	porosidade total do solo
RP	-----	resistência do solo à penetração
R ²	-----	coeficiente de determinação
S	-----	enxofre
SPD	-----	sistema de plantio direto
T0	-----	tempo zero
T1	-----	tempo um
T2	-----	tempo dois
T3	-----	tempo três
T4	-----	tempo quatro
W	-----	Oeste
Zn	-----	zinco

RESUMO

LIMA, JORDAANNY DANYELLY PEREIRA LIMA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- CAMPUS Rio Verde, agosto de 2018. **Aspectos da agricultura conservacionista e desenvolvimento da cultura da soja em sistemas integrados de produção agropecuária.** Orientador: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Coorientadora: Dr.^a Kátia Aparecida de Pinho Costa.

A soja é uma cultura de grande valor econômico e seu cultivo tem sido responsável por expandir a fronteira agrícola do país. Os produtores buscam técnicas que aumentem sua produtividade sem a contrapartida da degradação ambiental. Uma das alternativas é o uso de sistemas de produção conservacionistas, a exemplo da integração agricultura-pecuária juntamente com sistema de plantio direto. Sendo assim, objetivou-se verificar aspectos da agricultura conservacionista e o desenvolvimento da cultura da soja em sistemas integrados de produção agropecuária, sob a biomassa de cobertura de espécies de forrageiras do gênero *Brachiaria* em Latossolo Vermelho Distroférico da região do Cerrado. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos completos ao acaso e esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram avaliados diferentes sistemas integrados com cultivo prévio de: *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, *Brachiaria ruziziensis*, em cultivos solteiros e consorciados com milho e o monocultivo de milho. Nas subparcelas foram avaliados dois sistemas de manejo do capim: livre crescimento e corte de simulação de pastejo. A qualidade física do solo foi estimada pela densidade do solo e intervalo hídrico ótimo a partir das amostras indeformadas de solo coletadas nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Após a dessecação das pastagem, por ocasião da implantação da cultura da soja, foram realizadas avaliações de plantabilidade e de decomposição da palhada. Estes aspectos conservacionistas foram correlacionados com a produtividade da soja cultivada em sucessão. O diagnóstico físico do solo demonstrou que as cultivares de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás e Xaraés promoveram melhorias no ambiente edáfico em decorrência da maior descompactação biológica do solo. A quantidade de biomassa na

superfície do solo não afetou o desempenho da semeadora de grãos, com ausência de embuxamento e uniformidade de semeadura entre os tratamentos. Embora a adoção do capins *Brachiaria* no período de entressafra constitui prestação de serviços ambientais, estes não interferiram na produtividade de grãos da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Integração agricultura-pecuária, descompactação biológica do solo, prestação de serviço ambiental.

ABSTRACT

LIMA, JORDAANNY DANYELLY PEREIRA. Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology - Rio Verde Campus, August 2018. **Aspects of conservation agriculture and soybean development in integrated crop-livestock systems.** Advisor: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Co-advisor: Dr. Kátia Aparecida de Pinho Costa.

Soybean culture is a crop of great economic value and its cultivation has been responsible for expanding the Brazil's agricultural frontier. Producers are looking for techniques that increase their productivity without the counterpart of environmental degradation. One of the alternatives is to use conservationist production systems, such as integrated crop-livestock system under no-tillage. The objective of this work was to verify aspects of conservation agriculture and the soybean crop development in integrated crop-livestock systems, under the straw of different forage species of the *Brachiaria* genus in a Red Latosol Distroferric soil of the Cerrado region. Therefore, the experiment was carried out in the complete randomized complete block design and subdivided plots with four replications. In the plots were evaluated different integration systems with the previous cultivation: *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguas, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraes, *Brachiaria ruziziensis*, in single crops and intercropped with maize and maize monoculture. In the subplots, two grass management systems were evaluated: grazing simulation cut or with destination for straw formation in no - tillage. The soil physical quality was estimated by soil density and Least Limiting Water Range from undisturbed soil samples collected at depths of 0-0.05; 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m. After the pasture desiccation in the soybean crop implantation, plantability and straw decomposition evaluations were carried out. These conservationist aspects were correlated with the soybeans yield grown in succession. The soil physical diagnosis showed that the cultivars BRS Paiaguas and Xaraes promoted improvements in the edaphic environment due to the higher biological decompaction of the soil. The amount of straw on the soil surface did not affect the

performance of the grain seeder, with no tailing and uniformity of sowing between the treatments. Although the analyzed attributes constitute environmental services, they did not interfere in the grain yield of the soybean.

KEY WORDS: integrated crop-livestock system, biological decompaction of soil, provision of environmental services.

INTRODUÇÃO GERAL

Desde que a produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) foi introduzida no Brasil, tornou-se uma *commodity* de extrema importância para economia nacional (DALCHIAVON et al., 2011). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (2018), a produção nacional da safra de 2016/2017 foi estimada em 114 milhões de toneladas com uma área plantada de aproximadamente 34 milhões de hectares sendo que a produtividade média nacional estimada foi 3.362 quilos de soja por hectare.

Na região do Centro-Oeste brasileiro, principalmente recoberto pelo bioma do Cerrado, produziu aproximadamente 43% da produção nacional de grãos (CONAB, 2018). Porém o cerrado apresenta potencial edafoclimático para aumentar a produção agrícola do país (RADA, 2013). A classe de solo mais representativa do Cerrado são os Latossolos (CORREIA et al., 2004).

Os Latossolos são solos de relevo mais suavizado, profundos, elevada porosidade (MACEDO, 1996, SEVERIANO et al., 2013), características que favorecem a mecanização agrícola (SOUZA et al., 2005). Entretanto, são solos de baixa fertilidade, altos teores de ferro e elevada suscetibilidade à compactação (SEVERIANO et al., 2013). Os produtores conhecem e aplicam técnicas de correção do solo para o aumento da produção agrícola (CIOTTA et al., 2004).

O uso intensivo do solo pelos produtores, aliadas ao negligenciamento em torno de limitações físico-hídricas do solo e a adoção de tecnologias de mecanização dos tratamentos culturais nas etapas de produção das culturas tem degradado a estrutura do solo (SEVERIANO et al., 2013). O tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas e também animais causa a compactação do solo (LIMA, 2004).

1.1 Sistemas de integração agricultura-pecuária como sistema conservacionista

Em 2001, a população mundial era de 6,1 bilhões de pessoas e estima-se aumento em 50% até 2050, chegando a 9,3 bilhões (IBGE, 2001). No ano de 2017, a Organização das Nações Unidas realizou relatório mostrando que ocorre aumento de 83

milhões de pessoas por ano, sendo que hoje a população está em torno de 7,6 bilhões de pessoas (ONU NEWS, 2018).

Na perspectiva da segurança alimentar, faz-se necessário triplicar a produção agrícola do mundo, devido ao aumento da população. Todavia, em algumas nações, o potencial para expansão agrícola está esgotado, como Rússia, Estados Unidos, Argentina, Austrália, Canadá e os membros da União Europeia (FREITAS e MENDONÇA, 2016). Neste contexto, o Brasil assume o papel de fazenda do mundo por possuir território, água e clima adequados para aumentar as áreas cultivadas e também a produtividade das lavouras (TOLLEFSON, 2010; KINKARTZ, 2011; ONU, 2012).

Para aumentar a produtividade das áreas cultivadas no Brasil é necessário utilizar técnicas relacionadas à agricultura conservacionista, que buscam manter o equilíbrio agroambiental preservando recursos naturais. Os modelos conservacionistas são responsáveis pela manutenção de recursos naturais e na amenização de fatores como erosão, escoamento subsuperficial, reestabelecimento de infiltração de água e reestabelecimento do ciclo hidrológico (REATTO e PASSOS, 2016).

Dentre os modelos conservacionistas existentes, destaca-se o sistema de integração agricultura-pecuária que intensifica o uso da terra (IAP), e busca a interação dos fatores biológicos, econômicos e sociais (CUNHA et al., 2012), ampliando as estratégias de produção dentro de uma mesma área (ALVARENGA et al., 2007). O IAP é um sistema de produção sustentável que integra a produção agrícola com a pecuária, e geralmente no verão, cultiva-se grãos com importância econômica como: soja, milho e arroz, seguido pelo estabelecimento do consórcio de milho, sorgo, milheto e girassol com a forrageira ou apenas forrageira para alimentação dos animais no outono-inverno (AMBUS et al., 2018).

O IAP melhora os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aumenta a ciclagem e a eficiência de utilização dos nutrientes, reduz custos de produção, além de diversificar e estabilizar a renda na propriedade rural (ALVARENGA et al., 2010; FRANCHINI et al., 2015; AMBUS et al., 2018). Além disso, proporciona também a quebra de ciclo de doenças e a redução de insetos-pragas e de plantas daninhas, reduz riscos econômicos pela diversificação de atividades, bem como o custo de recuperação e renovação de pastagens em processo de degradação, como também melhora a cobertura do solo para o plantio direto (VILELA et al., 2011; FRANCHINI et al., 2015).

De acordo com Petean et al., (2010), o sistema IAP é uma das práticas de manejo que favorece o acúmulo de matéria orgânica no solo, proporciona condições físicas do solo mais adequadas e menos restritivas às plantas, uma vez que, em virtude da cobertura do solo pela palhada, é esperado que ocorram mais frequentemente disponibilidade hídrica. O plantio direto na palha do sistema IAP contribui na redução da evaporação da água da superfície e no aumento da retenção de água no solo, com potencial para recarga de aquíferos (KLEIN e KLEIN, 2014).

A tecnologia do sistema IAP também é indicada para recuperação e manejo sustentável dos solos degradados dos Cerrados, tanto para áreas de produção agrícola como em campos de pastagens visando a criação de animais.

Dentre os sistemas de IAP utilizados no Brasil, o cultivo consorciado de espécies forrageiras tropicais, como a *Brachiaria*, destaca-se pela sua alta relação C/N (aproximadamente 44), possibilitando maior tempo de meia vida, protegendo o solo por um período maior (JAKELAITIS et al., 2005; FRANCHINI et al., 2015; CALONEGO et al., 2012). Logo após a fase de pastejo, é realizada a dessecação para formação de biomassa. A cultura mais utilizada na safra é a soja, devido sua importância econômica. A *Brachiaria spp.* como cobertura do solo promove aumento na matéria orgânica e permite a adoção do sistema de rotação de culturas (CUNHA et al., 2011).

1.2 Cultivo de soja em sistema de integração agricultura-pecuária

A soja é a cultura que mais cresceu no Brasil nas últimas três décadas, correspondendo atualmente a 49% de toda a área plantada por grãos no país (CONAB, 2018). Tal avanço está associado à adoção de tecnologias de mecanização em todas as etapas do cultivo. Com a modernização, intensificaram o uso de máquinas cada vez maiores e mais pesadas, provocando degradação e a compactação do solo, até então um problema secundário (REICHERT et al., 2007; SEVERIANO et al., 2013).

A cultura da soja é uma das que melhor se adapta ao sistema de plantio direto sob a integração agricultura-pecuária, em função de aspectos econômicos e por ser eficiente na fixação de nitrogênio atmosférico (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

Altas produtividades só são obtidas quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de crescimento da soja. Porém, para que se obtenham tais produtividades, é necessário conhecer práticas culturais compatíveis com a

produção econômica, aplicáveis para maximizar a taxa de acúmulo de matéria seca do grão (VERNETTI JUNIOR, 2013).

Uma produção vegetal que vise a máxima produtividade econômica baseia-se na integração de três fatores: 1) a planta, 2) o ambiente de produção e 3) o manejo. O manejo realizado pelo homem atua como modificador do sistema planta-ambiente, com objetivo de melhorar a integração deste ambiente, seja através da escolha da espécie ou cultivares melhores e mais adaptados ao ambiente, seja pela correção do ambiente, quando se apresenta com algum fator limitante de produção, desde que o mesmo possa ser melhorado pela ação do homem (CÂMARA e HEIFFIG, 2006).

A soja apresenta capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificação na morfologia da planta e nos componentes de rendimentos, devido sua alta plasticidade (FERREIRA JUNIOR et al., 2010). Estas modificações podem ocorrer relacionadas aos fatores de produção como altitude, latitude, textura do solo, fertilidade do solo, época de semeadura, população de plantas e espaçamento entre linhas. Sendo importante conhecer as interações entre estes fatores, para planejar e definir qual o conjunto de práticas que venha a responder melhor a produtividade agrícola da lavoura (PIRES et al., 2000; HEIFFIG et al., 2006; HOTZ et al., 2014).

Por meio da plasticidade pode-se ter a percepção de que existe uma faixa ampla de populações de plantas, em que a variação do número de plantas não afeta a produtividade de grãos. No entanto, em muitos trabalhos, os resultados divergem dessa teoria (HEITHOLT et al., 2005; LUDWIG et al., 2008; HOTZ et al., 2014), mostrando que é preciso respeitar a faixa de população das variedades que estão sendo utilizadas na lavoura (LUDWIG et al., 2011).

Outra característica da cultura da soja é sua alta exigência hídrica, sendo que a água corresponde a, aproximadamente, 90% do peso da planta (FARIAS et al., 2007). A disponibilidade hídrica é importante principalmente em dois momentos durante o desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. A semente precisa absorver no mínimo 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação (EMBRAPA, 2003; BALBINOT JUNIOR et al., 2015a). A integração agricultura-pecuária, neste contexto, é considerada importante estratégia de manejo na cultura da soja, por reduzir a perda de água do solo pela evaporação e minimizar o déficit hídrico nas plantas.

1.3 Qualidade física do solo

A qualidade física do solo é definida como o funcionamento do solo dentro dos limites do ecossistema que sustentem a produtividade biológica, mantenha a qualidade ambiental e promovam a saúde animal e vegetal (Soil Science Society of American, SSSA, 2018).

De acordo com Imhoff (2002), a qualidade física do solo está intrínseca no solo, inferida a partir das suas características e propriedades ou por observações indiretas. Imhoff (2002), Tormena et al. (2008) e Stefanoski et al. (2013) afirmam que para avaliar a qualidade física do solo em diferentes sistemas de uso e manejos deve-se realizar estudos diretamente ligados a forma e estabilidade estrutural do solo, como a densidade do solo, porosidade do solo, resistência do solo à penetração e a distribuição e estabilidade dos agregados.

Os atributos físicos dos solos agrícolas relacionados à produtividade das culturas, precisam funcionar como complexo que retêm e transmite água, oxigênio, temperatura e nutrientes as plantas. Em outras palavras, o solo deve fornecer condições favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das culturas, de modo que as raízes não encontrem impedimento mecânico de resistência do solo à penetração (LETEY, 1985).

De acordo com Kopi e Douglas (1991) e Stefanoski et al. (2013), a estrutura do solo ideal para o crescimento e desenvolvimento das plantas é aquela que possibilita uma grande área de contato, entre as raízes e o solo, que apresente um espaço poroso suficiente e contínuo para o movimento da água e dos gases. Além disso, que a resistência do solo à penetração não cause impedimentos no crescimento das raízes. Entretanto, as relações entre desenvolvimento e produtividade das culturas com a estrutura do solo depende de outros fatores de produção, como condições climáticas adequadas (SILVA et al., 2001).

Uma das principais causas de limitações físicas a alta produtividade das culturas em solos argilosos é a compactação (COLLARES et al., 2008; TORINO et al., 2018). Este problema intensificou-se a partir da modernização da agricultura, pelo uso de maquinários maiores e mais pesados. Além do tráfego de máquinas, os sistemas agropecuários com elevada carga animal pastejando sobre a superfície do solo, também são responsáveis pela degradação do solo, especialmente pelo aumento da compactação (FIDALSKI e ALVES, 2015; POTT et al., 2017).

A compactação do solo normalmente atinge a camada de 0 a 0,20 m em solos agrícolas e com pastagens, afetando o crescimento das raízes, diminuindo a capacidade de infiltração da água no solo e reduzindo a translocação de nutrientes, fator este que diminui o espaço a ser explorado pelas raízes (VIEIRA e KLEIN, 2007). A compactação é apontada por Canillas e Salokhe (2002); Rossim et al. (2012); Severiano et al. (2013); Gonçalves et al. (2014) e Guimarães Junnyor et al. (2015), como sendo um dos principais causadores da degradação dos solos agrícolas.

Para identificar as camadas compactadas do solo, normalmente realizam determinações de densidade, de porosidade e resistência do solo à penetração. Esta última está diretamente ligada ao estado de compactação do solo e pode ser considerada uma das medidas mais sensíveis de identificação, principalmente em camadas pouco espessas (LANZANOVA et al., 2007; SUZUKI et al., 2007).

Conforme Richart et al. (2005), a resistência do solo à penetração é distinguida como um dos fatores restritivos ao desenvolvimento e estabelecimento das culturas, pois através dela é possível mensurar o grau de compactação do solo. Muitos trabalhos têm adotado a classificação de Arshad et al. (1996) para a resistência do solo à penetração (RP), em: a) muito baixa: $0,01 \text{ RP} < 0,1 \text{ MPa}$; B) baixa: $0,1 \text{ RP} < 1,0 \text{ MPa}$; c) moderada: $1,0 \text{ RP} < 2,0 \text{ MPa}$; d) alta: $2,0 \text{ RP} < 4,0 \text{ MPa}$; e) muito alta: $4,0 \text{ RP} < 8,0 \text{ MPa}$; e f) extremamente alta: $\text{RP} > 8,0 \text{ MPa}$.

Alguns parâmetros são relevantes para a quantificação da resistência à penetração como tipo de solo, distribuição de tamanhos e formas de partículas, mineralogia de argila, teor de matéria orgânica e a química da solução do solo (BAYAT e ZADEH, 2018), além da densidade do solo e do conteúdo de água no solo. A densidade do solo proporciona uma relação direta (BORGES et al., 1988), enquanto o conteúdo de água influencia negativamente o atributo (TORMENA et al., 1998).

Para Santos et al. (2009), a D_s (densidade do solo) é um importante indicativo das condições de manejo do solo, pois reflete a condição estrutural do solo que, por sua vez, define as características dos sistemas porosos. Também interfere na infiltração e drenabilidade do solo, na retenção de água e na capacidade de aeração (HILLEL, 1998).

Por conseguinte, o aumento da resistência mecânica do solo causa efeitos prejudiciais ao sistema radicular das culturas, uma vez que aumenta o diâmetro das raízes na camada compactada (RUSSEL e GOSS, 1974; MATERECHERA et al., 1992). Deste modo, observa-se que o aumento da resistência à penetração provoca

modificações morfológicas e fisiológicas específicas em cada espécie ou cultivar (RICHART et al., 2005).

Alguns autores têm realizado pesquisas para cultura da soja, buscando encontrar os níveis críticos para a resistência do solo à penetração (NEIRO et al., 2003; NICOLOSO et al., 2008; SECCO et al., 2009; LIMA et al., 2010; MARASCA et al., 2011; DALCHIVON et al., 2011; DESCHER et al., 2012; IBIAPINA et al., 2014; GIRARDELLO et al., 2014 e GIRARDELLO et al., 2017).

Girardello et al. (2014), que pesquisando um Latossolo Vermelho encontraram o valor de 3,0 MPa capaz de reduzir 10% da produtividade e de 5,0 MPa para redução de 38%. Salvo que Secco et al. (2009), ao estudarem um Latossolo Vermelho distrófico e um Latossolo Vermelho distroférico, verificaram valores de densidade do solo de 1,62 e 1,54 Mg m³ e de resistência à penetração de 2,65 e 3,26 Mpa, respectivamente, não proporcionaram decréscimos na produtividade da cultura da soja.

Diante do exposto, Ribon e Tavares Filho (2008) explicam que o manejo inadequado dos solos cultivados causa o aumento da resistência à penetração e da densidade do solo, bem como a redução da porosidade e do conteúdo de água disponível para as plantas. Devido ao manejo do solo afetar a disponibilidade e a retenção de água é importante conhecer e saber avaliar os atributos físico-hídricos do solo (CASSOL et al., 2014) que, segundo Cunha et al. (2012), são os mais sensíveis em detectar mudanças na qualidade do solo em um determinado cultivo.

Um dos indicadores que vem sendo utilizado para mensurar a qualidade física do solo é o intervalo hídrico ótimo (IHO) ou “Least Limiting Water Range” (LLWR) (CALONEGO et al., 2011). De acordo com Tormena et al. (2007), o IHO é determinado a partir das curvas de retenção de água do solo e da curva de resistência do solo à penetração. Assim, estima-se, para cada valor de D_s , o conteúdo de água na capacidade de campo (θ_{CC}), no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}), o conteúdo de água que assegure determinado valor de resistência do solo à penetração (θ_{RP}) e a porosidade mínima livre de água que garanta a adequada aeração no solo (θ_{PA}).

O IHO está diretamente ligado à densidade do solo, pois geralmente quando ocorre aumento da D_s advém a redução do IHO, sugerindo que as condições físicas do solo vão se convertendo limitantes às plantas. O valor de densidade do solo em que o IHO se torna nulo (IHO=0) reflete que as condições físicas são altamente restritivas para o crescimento radicular da planta. Esse valor de densidade é considerado como a densidade do solo crítica (D_{s_c}) (PETEAN et al., 2010).

Em outras palavras, o IHO integra para efeito de avaliação, a disponibilidade de água, a resistência do solo à penetração e a porosidade de aeração sobre o crescimento das culturas. Em condições cuja estrutura do solo se encontra em condições adequadas, geralmente o limite superior do IHO é igual à capacidade de campo (CC), e o limite inferior equivale ao ponto de murcha permanente (PMP). Contudo o IHO é diminuído, quando a aeração substituiu a capacidade de campo como seu limite superior e a resistência do solo à penetração substituiu o ponto de murcha permanente, como seu limite inferior (SILVA et al., 2006; CECAGNO et al., 2016; KLEIN et al., 2016) até chegar no ponto de nulidade (IHO=0).

Para Veihmeyer e Hendrickson (1931, 1949), capacidade de campo é a quantidade de água retida pelo solo depois que o excesso tenha sido drenado e a taxa de movimento descendente tenha decrescido intensamente, o que ocorre, normalmente, após 2 a 3 dias a partir de uma chuva ou irrigação. Os autores ainda definiram ponto de murcha permanente como conteúdo de água de um solo no qual as folhas de uma planta que nele crescem perdem sua pressão de turgor e não conseguem se recuperar.

De acordo com Costa et al. (2006), o sistema de manejo em que o solo se encontra submetido deve contribuir para manutenção ou melhoria de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, a fim de proporcionar adequadas produtividades das culturas durante as safras com o consequente aumento da rentabilidade. A adoção de sistema conservacionista de manejo do solo como o plantio direto (SILVA et al., 2000; COSTA et al., 2014b), juntamente com o sistema IAP, tem possibilitado a melhoria dos atributos físicos, biológicos e químicos do solo (KLUTHCOUSKI et al., 2003; CARNEIRO et al., 2009).

1.4 Degradação do solo e uso de braquiárias na recuperação da qualidade do solo

A degradação do solo é causada pelo crescimento urbano, desmatamento, atividades industriais poluentes, fatores climáticos (seca ou chuvas em excesso), erosão ou desertificação oriundas da falta de práticas de conservação de água e do solo, utilização de tecnologias inadequadas e mesmo pelo uso excessivo do solo e o monocultivo (MAPA, 2016).

Como descrito por Razuk (2002), solos que são utilizados por longo período de tempo sem o manejo e manutenção adequados podem ocorrer problemas de

desagregação, compactação e encrostamento superficial de forma que muitas vezes as raízes não conseguem penetrar ou romper as camadas deste.

Diante disso, a quantificação e a compreensão dos impactos causados pelas práticas de manejo e uso do solo inadequados na qualidade física do solo é de essencial importância no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (DEXTER e YOUNGS, 1992). A exemplo da importância da conservação do solo, o Brasil possui cerca de 30 milhões de hectares de áreas de pastagens em algum estágio de degradação, com baixíssima produtividade para alimentação animal (MAPA, 2016).

Uma das causas do aumento da degradação dos solos agrícolas brasileiros tem sido a modernização da agricultura em busca de maiores níveis de produtividade, levando ao uso excessivo do solo com o aumento intensivo do uso de máquinas e insumos, e, causando compactação e erosão no solo (NASCIMENTO et al., 2013; GIAROLA et al., 2013). Diante do exposto, é necessário adotar práticas conservacionistas que proporcione uma produção com uso sustentável do solo. Pensando nisso, o Governo Federal do Brasil está adotando medidas para direcionar a produção integrada de agricultura-pecuária em áreas já degradadas e assim, otimizar o uso da terra (GIL et al., 2015).

Outra prática conservacionista que vem sendo utilizada nas propriedades é o sistema de plantio direto, técnica de cultivo sustentável, cujo objetivo é manter o solo sempre coberto, protegendo-o de raios solares, impactos das gotas, do escoamento superficial e das erosões hídricas e eólicas (EMBRAPA, 2009). O sistema de plantio direto (SPD), por definição, segue três premissas, o cultivo mínimo, a biomassa de cobertura do solo e a rotação de culturas (GIAROLA et al., 2013). Nesse sentido, esse sistema é capaz de eliminar as ações nocivas da erosão do solo e mitigar os efeitos provocados pelas emissões de gases e poluentes da atmosfera, realizar sequestro de carbono, incrementar a biodiversidade e contribuir positivamente para o ciclo hidrológico (ITAIPÚ BINACIONAL, 2015).

Diante do exposto, nota-se que para realizar o plantio direto é necessário a formação da biomassa de cobertura, porém em regiões de clima tropical como no Cerrado, que possui período chuvoso e outro seco torna-se difícil. No primeiro, a produção de forragem é favorecida, por fatores de alta temperatura, fotoperíodo longo e maior concentração de chuvas. Em contrapartida, no segundo, a produção pode reduzir em até 58% na estação do outono, pela falta de água (TEIXEIRA et al., 2011).

Neste contexto, as espécies de *Brachiaria* por possuir um sistema radicular agressivo e, em alguns casos, habilidade de penetrar em camadas compactadas e promover a descompactação do solo, contribuindo assim para a manutenção da estrutura do solo (RAZUK, 2002; CALONEGO et al., 2011). Devido a essa característica, é muito utilizada na recuperação de áreas degradadas juntamente com o sistema de integração agricultura-pecuária (FLÁVIO NETO et al., 2015). Essas espécies promovem, ainda, a absorção de nutrientes das camadas subsuperficiais, liberando-os gradualmente para as camadas superficiais durante o processo de decomposição (FIORIN, 1999).

Com esta proposição, a *Brachiaria brizantha* tem sido muito utilizada para o sistema IAP (CALONEGO et al. 2011; FLÁVIO NETO et al., 2015; COSTA et al., 2016). Quando bastante desenvolvida podem formar touceiras, por isso é considerada uma espécie cespitosa (VALLE et al., 2003). As cultivares de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e BRS Paiaguás possuem, vantagens em relação aos outros cultivares, como maior velocidade de rebrota e maior produção de forragem, particularmente no período da seca (FLORES et al., 2008; COSTA et al., 2016).

Para Marchão et al. (2007) a utilização de pastagens em áreas em que o principal foco seja a agricultura, por períodos de dois anos ou mais, pode contribuir para a melhoria na qualidade física dos solos. Através da biomassa das forrageiras é possível recuperar teores de matéria orgânica do solo se aproximando ao original (mata nativa) (WENDLING et al., 2005). Além disso, resíduos vegetais são imprescindíveis para aumentar o tamanho e a estabilidade dos agregados, favorecendo o controle da erosão e a resistência do solo à compactação (MACHADO e ASSIS, 2010).

1.5 Decomposição de biomassa de cobertura do solo

Para realizar o plantio direto é necessária boa formação da cobertura vegetal no solo, antes da implantação da cultura (ALVARENGA et al., 2001; PARIZ et al., 2011). Entretanto, devido as condições edafoclimáticas que o Cerrado possui, torna-se difícil a implantação de espécies forrageiras para a formação de biomassa de cobertura de qualidade e a permanência de resíduos vegetais sobre a superfície do solo.

O clima da região é predominantemente Tropical sazonal, com inverno seco. A temperatura média anual fica em torno de 22-23°C e temperaturas máximas absolutas podem chegar a mais de 40°C. Em geral, a precipitação média anual fica entre 1200 e

1800 mm, concentrando-se nos meses outubro a março. Durante a estação chuvosa, podem ocorrer curtos períodos de seca, chamados veranicos. Possui também uma estação seca que dura de 3 a 5 meses (maio a setembro) (CHAVEIRO e CASTILHO, 2007).

Essas características climáticas são consideradas entraves para instalação do SPD, tem favorecido para maiores taxas de decomposição dos resíduos que foram obtidos por meio de dessecação das plantas de cobertura sobre a superfície do solo (PACHECO et al., 2008). Na região do Cerrado, a taxa de decomposição da palhada ocorre de maneira acelerada com valores até 10 vezes superiores às taxas de regiões do clima subtropical como, por exemplo, no estado do Rio Grande do Sul (COSTA et al., 2014a).

As taxas de decomposição dependem de fatores como quantidade e características genéticas do material, fertilidade e temperatura do solo, do manejo de cobertura e das condições climáticas, principalmente pluviosidade e temperatura. Estes fatores por sua vez afetam a atividade microbológica do solo (KLIEMANN et al., 2006).

Assim, um dos fatores extremamente importante para o SPD é a escolha da espécie, levando em consideração o tipo de solo e condições climáticas para manter cobertura do solo (JAKELAITIS et al., 2005; KLIEMANN et al., 2006). Deve possuir boa produtividade de fitomassa para a cobertura do solo, ter a capacidade de reciclar nutrientes e reduzir as perdas por lixiviação, com maiores tempos de meia-vida (CERETTA et al., 2002).

Para verificar se uma espécie é adequada para o clima e o solo da região, faz-se necessário medir a velocidade de decomposição dos resíduos culturais, em que será determinado o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo. Quanto mais rápida for a sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, todavia, a proteção do solo. Por outro lado, quanto mais altos forem os conteúdos de lignina e a relação C/N nos resíduos, mais lenta será a sua decomposição (FLOSS, 2000).

Ao comparar as leguminosas com as gramíneas, observa-se que esta última tem maior relação C/N, contribuindo para elevar os níveis de matéria orgânica do solo e formar húmus de maior estabilidade. As leguminosas, por sua vez, possuem alta capacidade de fixação simbiótica do N₂ atmosférico, fornecendo, assim, maiores quantidades de N ao solo e a cultura plantada em sucessão (STUTE e POSNER, 1995).

Ao passo que para o melhor aproveitamento de ambas, maximizando seus benefícios e minimizando as características indesejáveis, recomenda-se a rotação e o consórcio das culturas adotadas no SPD (ROSSI et al., 2013). Utilizando essa alternativa espera-se que aumente os resíduos deixados sobre a superfície do solo, e também a produção de fitomassa com alta relação C/N para proporcionar, ao mesmo tempo, maior persistência da biomassa na proteção do solo e o aumento da disponibilização de N para plantas sucessoras (GIACOMINI et al., 2004).

Outra opção para melhor aproveitamento dos benefícios das *Fabaceae* (leguminosas) e *Poaceae* (gramíneas) é a utilização do sistema IAP aliada ao SPD, que tem demonstrado maior eficiência em preservar os recursos naturais e explorar racionalmente os solos (KLUTHCOUSKI et al., 2007). Além disso, a biomassa promove o aumento do teor de matéria orgânica do solo pela decomposição dos restos vegetais, aumentando a fertilidade dos solos (COSTA et al., 2015), mantém e protege o sistema solo-planta, beneficiando a manutenção da umidade e favorecendo a biota do solo que promove a ciclagem de nutrientes (KLIEMANN et al., 2006).

Do ponto de vista de Timossi et al. (2007), o gênero *Brachiaria*, com a alta relação C/N contribui para retardar a decomposição da biomassa, aumentando a possibilidade de ser utilizada em climas quentes, além da adaptação em solos de baixa fertilidade, e é considerada uma cultura de fácil estabelecimento, com considerável produção de biomassa durante o ano, proporcionando excelente cobertura vegetal no solo.

Bernardes et al. (2010), ao estudar decomposição da biomassa e liberação de nutrientes nas espécies de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e o *Panicum maximum* cv. Mombaça, em Latossolo Vermelho Distrófico de cerrado, constataram que o capim-marandu apresentou produtividade de 16,6 Mg ha⁻¹ e o Mombaça de 18,2 Mg ha⁻¹. As taxas de decomposição, para as duas gramíneas, foram inferiores a 50%, aos 75 dias após o corte.

Rossi et al. (2013), avaliando a decomposição e a liberação de nutrientes da biomassa de *Brachiaria ruziziensis* e sorgo, ambos em sucessão a soja, concluíram que, a taxa de decomposição e a biomassa seca apresentaram maiores valores e o tempo de meia vida menor, para a biomassa da braquiária + soja quando comparada a biomassa sorgo + soja, demonstrando a eficiência da braquiária em ser utilizada como planta de cobertura para o cerrado goiano.

1.6 Plantabilidade

Conforme Mantovani et al. (2015) a plantabilidade desejada é aquela em que a diferença entre a quantidade de plantas calculadas na deposição e as emergidas são mínimas, com distribuição equidistante, de modo a minimizar a competição entre as plantas, proporcionando maior rendimento por planta e, conseqüentemente, aumento a produtividade de grãos (HEIFFIG et al., 2006).

Dentre os fatores que mais afetam a produtividade das culturas agrícolas está a disponibilidade de água e a radiação solar (CASAROLI et al., 2007). Na cultura da soja a radiação solar está relacionada à fotossíntese, ramificações, expansão foliar, formação e pegamento das vagens, alongamento da haste principal e fixação biológica de nitrogênio (CÂMARA 2000; CASAROLI et al., 2007). A disponibilidade da radiação solar e de água é influenciada pela densidade e arranjo de plantas no campo, interferindo na competição inter e intraespecífica por recursos naturais e nutrientes (MAUAD et al., 2010).

Por sua vez, a utilização ótima dos recursos naturais pode ser alcançada através da utilização correta dos fatores de produção (BEUTLER et al., 2006), como densidade populacional, espaçamento, manejo integrado de pragas e doenças, topografia, sementes de alta qualidade, adubação (OLIVEIRA, 2010) e umidade correta (DIAS, 2017).

Segundo Copetti (2003) e Cortez et al. (2006), a cultura da soja suporta variações máximas de até 15% de erros de densidade sem ocorrer prejuízo para a produtividade. O aumento da densidade populacional, geralmente diminui a emissão de ramos laterais, aumenta a estatura da planta, diminui o número de vagens por planta e pode causar o acamamento em algumas cultivares (AMADO et al., 2010). Por outro lado, com a redução da densidade, as plantas de soja tendem a emitir maior quantidade de ramos e formar hastes mais grossas, aumentando o número de vagens por planta (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a).

Além disso, a semeadora e seus mecanismos dosadores têm papel essencial para que as sementes sejam distribuídas corretamente nos espaços, sem plantas duplas ou falhas de espaçamento (DIAS, 2012; CORREIA et al., 2014). Neste contexto, a plantabilidade assume relevância para o correto desenvolvimento da cultura, que é a distribuição uniforme das sementes ao longo do sulco de semeadura, tanto em densidade como em profundidade adequadas para a cultura semeada (MANTOVANI et al., 2015).

Para tanto, recomenda-se que a semeadora seja regulada (AMADO et al., 2005), operada na velocidade entre 4 km h⁻¹ e 7 km h⁻¹, sob manejo do solo adequado e condições climáticas favoráveis (MANTOVANI et al., 2015; DIAS, 2017). Heiffig et al. (2006) destacam que esta uniformidade proporciona menor grau de competição entre as plantas, conferindo maior rendimento de grãos.

Para que a implantação de uma cultura siga os conceitos de plantabilidade, é necessário que seja realizado manejo adequado na cultura antecessora, com destaque para a dessecação com antecedência apropriada e as condições propícias de umidade do solo durante e depois do plantio, que concorrem para o estabelecimento do bom “stand” da lavoura (MELHORANÇA, 2002; OLIVEIRA, 2010). Além disso, a semeadora deve estar adequadamente regulada, a saber: discos de corte de biomassa afiados, correta dosagem e profundidade de deposição de fertilizante e sementes, fechamento e compactação do sulco de semeadura (SIQUEIRA e CASÃO JUNIOR, 2004).

Os sinais visíveis são a uniformidade de espaçamentos entre as plantas na fileira, com ausência de falhas (quando não há passagem de sementes pelo orifício do disco da semeadora) e/ou duplicadas (quando duas sementes passam ao mesmo tempo por um único orifício), e resulta numa população, altura e maturação uniforme e com quantidade similar de grãos por planta (AVELAR, et al., 2012, HUTH, et al., 2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALVARENGA, C.R.; GONTIJO NETO, M.M.; RAMALHO, J.H.; GARCIA, J.C.; VIANA, M.C.M.; CASTRO, A.A.D.N. Sistema de integração lavoura-pecuária: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. (Embrapa Milho e Sorgo). **Circular técnica**, p. 93, 2007.

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALVARENGA, R.C.; SILVA, V.P.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, M.C.M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v. 31, p. 59-67, 2010.

AMADO T.J.C, SCHLEINDWEIN J.A. & FIORIN J.E Manejo do solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto. In: Thomas AL & Costa JA (Eds.) Soja - Manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre, UFRGS. p.35-97, 2010.

AMADO, M.; TOURN, M.C.; ROSATTO, H.G. Efecto de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribución y emergencia de maíz. In: BARBOSA, O.A. (Ed.). **VIII**

Congreso Argentino de Ingeniería Rural. Villa de Merlo, San Luis. Avances en ingeniería agrícola, p. 77-81, 2005.

AMBUS, J.V. REICHERT, J.M; GUBIANI, P.I.; CARVALHO, P.C.F. Changes in composition and functional soil properties in long-term no-till integrated crop-livestock system. **Geoderma**. v. 330, p. 232 – 243, 2018.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, R. Physical test for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: SSSA, **Soil Science Society of America**, n. 49, p. 123-141, 1996.

AVELAR, S.A.G.; SOUZA, F.V.; FISS, G.; BAUDET, L.; PESKE, S.T. The use of fi lm coating on the performance of treated corn seed. **Journal of Seed Science**, v. 34, n. 2, p. 186-192, 2012.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; NEUMAIER, N.; FRANCHINI, J.C. Densidade de plantas na cultura da soja. Londrina: (**Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.364**) - CNPSo, 38 p. 2015a.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; NEUMAIER, N.; FRANCHINI, J.C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura influenciando o crescimento de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASE, H.; FRNCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015b.

BAYAT, H.; ZADEH, G.E. Estimation of the soil water retention curve using penetration resistance curve models. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 144. p. 329 – 343. 2018.

BERNARDES, T.G.; SILVEIRA, P.M.; MESQUITA, M.A.M.; AGUIAR, R.A.; MESQUITA, G.M. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e Mombaça, em condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuário Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 370-377, 2010.

BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 27, p. 379-386, 2005.
BEUTLER, A.N.; CENTURION; J.F.; CRUZ, M.A.P.; SILVA, A.P. Efeito da Compactação na Produtividade de Cultivares de Soja em Latossolo Vermelho **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 787-794, 2006.

BORGES, E.N.; NOVAIS, R.F.; REGAZZI, A.J.; FERNANDES, B.; BARROS, N.F. de. Respostas de variedades de soja à compactação de camadas de solo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 35, n. 202, p. 553-568, 1988.

CALONEGO, J.C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL C.A.C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com o cultivo de milho e braquiária **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2183-2190, 2011.

CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M.S. (Edit.). **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ, p. 81-119, 2000.

CANILLAS, E.C.; SALOKHE, V.M. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 2, p. 221-230, 2002.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.D.; REIS, E.F.D.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R.D. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CASAROLI, D.; FAGAN, E.B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S.P.; MANFRON, P.A.; NETO, D.D.; LIER, Q.J.V.; MULLER, L.; MARTIN, T.N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja – uma revisão. **Revista FZVA**, v. 14, n. 2, p. 102-120, 2007.

CASSOL, I.J.; LOPES, A.S.; PONTIM, J.P.A.; SANTOS, C.R.; SILVA, T.H.S.; VIANA, S.H.B. Características físico-hídricas do solo, em área de plantio direto e convencional, em Aquidauana – MS. In: ENEPEX – ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, v. 6., 2014, Aquidauana. **Anais...** Aquidauana, 2014.

CECAGNO, D.; COSTA, S.E.V.G. de A.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T.R.; MARTINS, A.P.; REICHERT, J.M., GUBIANI, P.I.; BALERINI, F.; FINK, J.R.; CARVALHO, P.C. de F. Least limiting water range and soybean yield in a long-term, no-till, integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 54-62, 2016.

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, n. 1, p. 49-54, 2002.

CHAVEIRO, E.F.; CASTILHO, D. Cerrado: patrimônio genético, cultural e simbólico. **In: Revista Mirante**, v. 2, n. 1, UEG, 2007.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 933-942, 2008.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira. **CONAB** Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

COPETTI, E. Plantadoras: Distribuição de sementes. **Cultivar Máquinas**, n. 18, p. 14-17, 2003.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p.29-58, 2004.

CORREIA, J.R.; REATTO, A.; SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 29-58, 2004.

CORREIA, T.P.S.; SILVA, P.R.A.; SOUSA, S.F.G.; TAVARES, L.A.F.; PALUDO, V. Deposição e danos mecânicos em sementes de sorgo utilizando um mecanismo dosador de fluxo contínuo em ensaio de bancada. **Revista Energia na agricultura**, v. 29, n. 1, p. 22-26, 2014.

CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; LOPES, A. Distribuição longitudinal de sementes de soja e características físicas do solo no plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 502-510, 2006.

COSTA, A.S.C. **Comparação das características morfológicas, produtividade e principais custos de produção de cultivares superprecoces de soja RR e Intacta / Brasília, 2015.** (Monografia) - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2015. 34f. Brasília: DF, 2015.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUZA, D.M.G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1185- 1191, 2006.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; LOPES, K.S.M.; SANTOS, F.G.; PARIZ, C.M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1223-1233, 2014a.

COSTA, N.V.; SONTARG, D.A.; SCARIORT, C.A.; PEREIRA, G.R.; VASCONCELOS, E.S. Doses de paraquat e volumes de calda na dessecação de *Brachiaria ruziziensis* antes do cultivo do milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 143-155, 2014b.

COSTA, R.R.G.F.; COSTA, K.A.P.; ASSIS, R.L.; SANTOS, C.B.; SEVERIANO, E.C.; ROCHA, A.F.S.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, P.P.H.C.; SOUZA, W.F.; AQUINO, M.M. Dynamics of biomass of pearl millet and Paiaguas palisadegrass in different forage systems and sowing periods in yield of soybean. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 45, p. 4661-4673, 2016.

CUNHA, E.D.Q.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.D.B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2012.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D.; LEANDRO, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na

produção orgânica de feijão e milho. I - atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 589-602, 2011.

DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P.; NOGUEIRA, D.C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F.L.; ASSIS, J.T.; OLIVEIRA, M.S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 8-19, 2011.

DEXTER, A.R. e YOUNGS, I.M. Soil physic toward 2000. **Soil Tillage Reserch.**, v. 24, p. 101-106, 1992.

DIAS, P.P. **Efeito das densidades e profundidades de semeadura sobre o desempenho agrônômico da soja**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu : p. 68, 2017.

DIAS, V.O. **Tamanho amostral para ensaios em esteira de distribuição longitudinal de sementes**. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) apresentado a Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

DRESCHER, M.S.; ELTZ, F.L.F.; DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G.L. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1836-1844, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manejo e Conservação do Solo e da água em Sistema de Plantio Direto no Cerrado. Planaltina: **EMBRAPA Cerrados**, p. 258, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003. **EMBRAPA Soja Sistema de Produção, 1 ISSN ____ Versão eletrônica**. Jan/2003.

FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N. ; NEPOMUCENO A.L. Ecofisiologia da Soja. **Circular Técnica número 48**. Londrina: PR, 2007.

FERREIRA JUNIOR J.A; ESPINDOLA, D.M.C.G; GONÇALVES, D.A.R; LOPES, E.W. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba - MG. **FAZU em Revista**, v. 7, p. 13-21, 2010.

FIDALSKI, J.; ALVES, S. J. Altura de pastejo de braquiária e carga animal limitada pelos atributos físicos do solo em sistema integração lavoura-pecuária com Soja. **Revista Brasileira Ciências. Solo**, v. 39, n. 3, p. 864-870, 2015.

FIORIN, J. E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte, p. 39-55, 1999.

FLÁVIO NETO, J.; SEVERIANO, E.C.; COSTA, K.A.P.; JUNNYOR, W.S.G.; GONÇALVES, W.G.; ANDRADE, R. Biological soil loosening by grasses from genus

Brachiaria in croplivestock integration. **Revista Acta Scientiarum. Agronomy.** Maringá, v. 37, p. 375-383, 2015.

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.B.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G.S. & BARBOSA, R.A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1355-1365, 2008.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 57, n. 1, p.25-29. 2000.

FRANCHINI, J.C., JUNIOR BALBINOT, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015.

FREITAS, R.E.; MENDONÇA, M.A.A. Expansão Agrícola no Brasil e a Participação da Soja: 20 anos. **RESR**, v. 54, n. 03, p. 497-516, 2016.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C.; HUBNER, A.P.; MARQUES, M.G.; CADORE, F. 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**, v. 28, p. 751-762, 2004.

GIARDELLO, V.C.; AMADO, T.C.; SANTI, A.L.; LANZANOVA, M.E; TASCA, A. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. **Revista Scientia agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 86-96, 2017.

GIARDELLO, V.V.; AMADO, T.J.C; SANTI, A.L.; CHERUBIN, M.R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T.G. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1234-1244, 2014.

GIAROLA, N.F.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; GUIMARÃES, R.M.L.; BALL, B. C. On the Visual Evaluation of Soil Structure: The Brazilian experience in Oxisols under no-tillage. **Soil and Tillage Research**. v. 127. p. 60-64, 2013.

GIL, J; SIEBOLD, M.; BERGER, T. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 199, p. 349-406, 2015.

GONÇALVES, W. G.; SEVERIANO, E.C.; SILVA, F.G.; COSTA, K. A. P; GUIMARÃES-JUNNYOR, W. S.; MELO, G. B. Least limiting water range in assessing compaction in a Brazilian Cerrado latosol growing sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 38, p. 432-443, 2014.

GUIMARÃES JUNNYOR, W.S.; SEVERIANO, E.C.; SILVA, A.G.; GONÇALVES, W.G.; ANDRADE, R.; MARTINS, B.R.R.; COSTODIO, G.D. Sweet sorghum performance affected by soil compaction and sowing time as a second crop in the

brasilian cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Online), v.39, p. 1744-1754, 2015.

HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE, S.M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HEITHOLT J.J, Farr JB & Eason R Planting Configuration x Cultivar Effects on Soybean Production in Low-Yield Environments. **Crop Science**, v. 45, p. 1800–1808, 2005.

HILLEL, D. Environmental soil physics. **New York: Academic Press**, p.771, 1998.

HOTZ, V.; COUTO, R.F.; OLIVEIRA, D.G.; REIS, E.F. Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1371-1376, 2014.

HUTH, C.; CEOLIN, C.; HENNING, L.M.M.; BABIERI, A.P.P.; ZEN, H.D.; MATTIONI, N.M.; Velocidade de embebição de sementes de soja submetidas a diferentes recobrimentos. **Informativo ABRATES**. v. 23, n. 3, 2013.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. ONU e IBGE divulgam relatórios de população. **IBGE**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/11122001onu.shtm>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

IBIAPINA, T.V.B.; SALVIANO, A.A.C.; NUNES, L.A.P.; MOUSINHO, F.E.P.; LIMA, M.G.; SOARES, L.M.S. Resistência à penetração e agregação de um Latossolo Amarelo sob monocultivo de soja e de eucalipto no cerrado do Piauí. **Científica, Jaboticabal**, v. 42, n. 4, p. 411–418, 2014.

IMHOFF, S.C. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. 104p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2002.

ITAIPÚ BINACIONAL, Coordenação de Paulino Motter, Herlon Goelzer de Almeida; edição e textos Dimitri Valle; **Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Consultor técnico: Ivo Mello – Voz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, F.C.L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

KINKARTZ, S. Crescimento populacional e o desafio da alimentação. 2011. **Dw.com** Disponível em: <<http://www.dw.com/pt/crescimento-populacional-e-o-desafio-da-alimenta%C3%A7%C3%A3o/a-15486766>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

KLEIN, C.; KLEIN, V.A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. *Revista Monografias Ambientais - REMOA* v. 13, n. 5, p. 3915-3925, 2014.

KLEIN, V.A.; GRAEBIN, G.J.; BORTOLANZA, D.R.; DAUBERMANN. Variabilidade espacial do intervalo hídrico ótimo de solos cultivados em sistema plantio direto. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 51, n.11, p.1890-1898, 2016.

KLEIN, V.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D. Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola. Ambiental*, v. 10, n. 3, p. 646–650, 2006.

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

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão-CNPAF, p. 407-441, 2003.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Opções e vantagens da integração lavoura-pecuária a produção de forragens na entressafra. *Informativo Agropecuário*, v. 28, p. 16-29, 2007.

KOPI, A.J, DOUGLAS, J.T. A rapid inexpensive and quantitative procedure for assessing soil structure with respect to cropping. *Soil Use Management*, v. 7, p. 52-56, 1991.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 1131-1140, 2007.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*, v. 1, p. 277-294, 1985.

LIMA, C.L.R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. São Paulo: Piracicaba, 2004. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 70 p. 2004.

LIMA, C.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. Rodrigues et al. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 45, n. 1, p. 89-98, 2010.

LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C; LUCCA FILHO, O.A. ZABOT, L.; JAVER, A.; UHRY, D. População de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup Ready. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 305-313, 2011.

LUDWIG, M.P.; SCHUCH, L.O.B.; LUCCA FILHO, O.A.; AVELAR, S.A.G.; MIELEZRSKI, F.; PANOZZO, L.E.; OLIVO, M.; SEUS, R. Desempenho de plantas de feijão, originadas de lotes de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v. 5, n. 2, p. 44-52, 2008.

MACEDO, J. Os solos da região dos cerrados. In: ALVARES, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**, p. 135-155, 1996.

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

MANTOVANI, E.C.; CRUZ, J.C.; OLIVEIRA, A.C. Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para semeadura de milho de alta densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 38-48, 2015.

MARASCA, I.; OLIVEIRA, C.A.; GUIMARAES, E.C.; CUNHA, J.P.A.R.; ASSIS, R.L.; PERIN, A.; MENEZES, L.A.S. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e teor de água em sistema de plantio direto, na cultura da soja. **Revista: Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 239-246. 2011.

MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; SÁ, M.A.C.p; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 873-882, 2007.

MATERECHERA, S.A.; ALSTON, A.M.; KIRBY, J.M.; DEXTER, A.R. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 144, p. 297-303, 1992.

MAUAD, M.; SILVA, T.L.B.; ALMEIDA NETO, A.I.; ABREU, V.G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MELHORANÇA, A.L. Tecnologia de Dessecação de Plantas Daninhas no Sistema Plantio Direto. **Circular Técnica**. Ministério da Agricultura e Pecuária. Dourados, MS, ISSN 1679-0464, 2002.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Soja. Brasília: DF. 2017. **MAPA**. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/arquivos-de-estatisticas/soja-15.pdf/view>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

NASCIMENTO, V.; ARF, O.; ALVES, M.C.; BONINI, C.S.B.; KANEKO, F.H.; FILHO TEIXEIRA, M.C.M. Mecanismos de abertura do sulco e da adubação nitrogenada em arroz de terras altas. **Revista Ceres**, v. 60, n. 6, p. 802-810, 2013.

NEIRO, E.S.; MATA, J.D.V.; TORMENA, C.A; GONÇALVES, A.C.A.; PINTRO, J.C; COSTA, J.M. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distroférrico,

com rotação e sucessão de culturas, sob plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy** Maringá, v. 25, n. 1, p. 19-25, 2003.

NICOLOSO, R.S.; AMADO, T.J.C.; SCHNEIDER, S.; LANZANONA, M.E.; GIRARDELLO, V.C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1723-1734, 2008.

OLIVEIRA, A.B. **Fenologia, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em função de épocas de semeadura e densidades de plantas**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 78 f. : il. 2010.

ONU - Departamento de Informação Pública das Nações Unidas. Fatos Sobre Alimentação. Rio + 20 **O Futuro que queremos**. Rio de Janeiro: RJ, 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/alimentacao.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

ONU NEWS- Departamento de Informação Pública das Nações Unidas. **População mundial atingiu 7,6 bilhões de habitantes. (Apres.)** Edgard Júnior. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

PACHECO, L.P.; PIRES, F.R.; MONTEIRO, F.P.; PROCOPIO, S.O.; ASSIS, R.L.; CARMO, M.L.; PETTER, F.A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 815-823, 2008.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, F.A.; ULIAN, N.A.; FURLAN, L.C.; MEIRELLES, P.R.L. & CAVASANO, F.A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2029-2037, 2011.

PETEAN, L.P.; TORMENA, C.A.; ALVES, S.J. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1515-1526, 2010.

PIRES, J.L.F.; THOMAS, A.L.; MAEHLER, A.R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Revista Pesquisa Agropecuária**, v. 35, n. 8, p. 1541 – 1547, 2000.

POTT, C.A.; ZERBIELLI, L.C.; MARTINS, P.J.; GARDIN, E.; GARCIA, M.L. Qualidade física do solo em sistemas florestais, pecuários e integrados de produção. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 10, n. 2, p. 53-60, 2017.

RADA, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. **Food Policy**, v. 38, p. 146-155, 2013.

RAZUK, R.B. **Avaliação do sistema radicular de acessos de *Brachiaria brizantha* e suas relações com atributos químicos e físicos do solo** / Renata Barbosa Razuk. -- Dourados, 2002. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Dourados Mato Grosso do Sul, 2002.

REATTO, A.; PASSOS, R.F. O solo como fator de integração entre os componentes ambientais e a produção agropecuária. **Revista Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.9, p.11-19, 2016.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Revista Tópicos em Ciência do Solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

RIBON, A.A.; TAVARES FILHO, J. Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no norte do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1817-1825, 2008.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; RODRIGUES B.O.; FUENTES L.R.; FERREIRA, R.; Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-343, 2005.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C., Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, 2013.

RUSSEL, R.S.; GOSS, M.J. Physical aspects of soil fertility: the response of roots to the mechanical impedance. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 22, p. 305-318, 1974.

SANTOS, L.N.S.; PASSOS, R.R.; SILVA, L.V.M.; OLIVEIRA, P.P.; GARCIA, G. O.; CECÍLIO, R.A. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em Alegre (ES). **Revista Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p.140-149, 2009.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M; SILVA, V.R. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p.58-64, 2009.

SEVERIANO, E.C; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; CURI, N.; COSTA, K.A.P.; CARDUCCI, C.E. Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. **Soil and Research**, v. 51, p. 193-202, 2013.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; COSTA, K.A.P.; CASTRO, M.B. & MAGALHÃES, E.N. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo capim-tifton 85. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 30, p.14:39-45, 2010.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. (Ed). **Qualidade física do solo: Métodos de estudo** Sistemas de preparo e manejo do solo. Funep, p. 1-18, 2002.

SILVA, A.A.; GALON, L.; FERREIRA, F.A.; TIRONI, S.P.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E.L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v. 56, p. 496-506, 2009.

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; TORMENA, C.A.; IMHOFF, S. Least limiting water range. In: LAL, R. (Org.). **Encyclopedia of Soil Science**, v. 1, p. 1026-1029, 2006.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, v. 30, n. 5, p. 795-801, 2000.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JUNIOR, R. Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas: Máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema de plantio direto. **Embrapa Soja (CNPSo)**, Curitiba: SENAR-PR, p. 88, 2004.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICAN. Glossary of soil Science terms. Disponível em: <<https://www.soils.org/sssagloss>>. Acesso em: 23 mai. 2018.

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 271- 278, 2005.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301–1309, 2013.

STUTE, J.K. e POSNER, J.L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the Upper Midwest. **Agronomy Journal**, v. 87, p. 1063-1069, 1995.

SUZUKI, L.E.A.S.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; LIMA, C.L.R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p.1159-1167, 2007.

TEIXEIRA, F.A.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.; SILVA, F.F.; FRIES, D.D.; HORA, D.S. Produção anual e qualidade de pastagem de *Brachiaria decumbens* diferida e estratégias de adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 3, p. 241-248, 2011.

TIMOSSI, P.C.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

TOLLEFSON, J. The Global Farm. **Nature**, v. 466, p. 554-556, 2010.

TORINO, A.B.; SEVERIANO, E.C.; COSTA, K.A.P.; GONCALVES, W.G.; NASCIMENTO JUNIOR, L.F.; BRITO, M.F.; LIMA, J.D.P. Agronomic performance

of intercropped maize and brachiaries in a compacted Latosol. **Scientia Agraria** (UFPR. impresso), 2018, no prelo.

TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J. & COSTA, J.M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico em sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 211-219, 2007.

TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. JUNIOR ROSSI, W. Resistência tênsil e friabilidade de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 33-42, 2008.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 573-581, 1998.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; BONATO, A. N. V. Lançamentos de cultivares forrageiras: o processo e seus resultados – cvs. Massai, Pojuca, Campo Grande, Xaraés. In: NÚCLEO DE ESTUDOS EM FORRAGICULTURA, 4., 2003, Lavras. **Proceedings...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.179-225, 2003.

VEIMEHYER, F.J. e HENDRICKSON, A.H. Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentage of soils. **Soil Science**, v. 68, p.75-94, 1949.

VEIMEHYER, F.J. e HENDRICKSON, A.H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. **Soil Science**, v. 32, p. 181-193, 1931.

VERNETTI JUNIOR, F. J. Considerações sobre implantação de lavouras de soja: A produtividade de uma cultura é definida pela interação entre o genótipo da planta e o ambiente de produção. **Embrapa Clima Temperado, Portal do agronegócio**. 2013.

VIEIRA, M.L.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1271-1280, 2007.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARAES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistema de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

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

2. OBJETIVOS

Avaliar aspectos da agricultura conservacionista no desenvolvimento da cultura da soja no sistema de integração agricultura-pecuária, sob a biomassa de espécies de forrageiras do gênero *Brachiaria* em Latossolo Vermelho Distroférico do Cerrado brasileiro.

RESUMO

LIMA, JORDAANNY DANYELLY PEREIRA LIMA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- Campus Rio Verde, agosto de 2018. **Aspectos da agricultura conservacionista e desenvolvimento da cultura da soja em sistemas integrados de produção agropecuária.** Orientador: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Coorientadora: Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa.

A soja é uma cultura de grande valor econômico e seu cultivo tem sido responsável por expandir a fronteira agrícola do país. Os produtores buscam técnicas que aumentem sua produtividade sem a contrapartida da degradação ambiental. Uma das alternativas é o uso de sistemas de produção conservacionistas, a exemplo da integração agricultura-pecuária juntamente com sistema de plantio direto. Sendo assim, objetivou-se verificar aspectos da agricultura conservacionista e o desenvolvimento da cultura da soja em sistemas integrados de produção agropecuária, sob a biomassa de cobertura de espécies de forrageiras do gênero *Brachiaria* em Latossolo Vermelho Distroférico da região do Cerrado. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos completos ao acaso e esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram avaliados diferentes sistemas integrados com cultivo prévio de: *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, *Brachiaria ruziziensis*, em cultivos solteiros e consorciados com milho e o monocultivo de milho. Nas subparcelas foram avaliados dois sistemas de manejo do capim: livre crescimento e corte de simulação de pastejo. A qualidade física do solo foi estimada pela densidade do solo e intervalo hídrico ótimo a partir das amostras indeformadas de solo coletadas nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Após a dessecação das pastagem, por ocasião da implantação da cultura da soja, foram realizadas avaliações de plantabilidade e de decomposição da palhada. Estes aspectos conservacionistas foram correlacionados com a produtividade da soja cultivada em sucessão. O diagnóstico físico do solo demonstrou que as cultivares de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás e Xaraés promoveram melhorias no ambiente edáfico em decorrência da maior descompactação biológica do solo. A quantidade de biomassa na superfície do solo não afetou o desempenho da semeadora de grãos, com ausência de embuxamento e uniformidade de semeadura entre os tratamentos. Embora a adoção do

capins *Brachiaria* no período de entressafra constitui prestação de serviços ambientais, estes não interferiram na produtividade de grãos da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Integração agricultura-pecuária, descompactação biológica do solo, prestação de serviço ambiente.

ABSTRACT

LIMA, JORDAANNY DANYELLY PEREIRA. Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology - Rio Verde Campus, August 2018. **Aspects of conservation agriculture and soybean development in integrated crop-livestock systems.** Advisor: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Co-advisor: Dr. Kátia Aparecida de Pinho Costa.

Soybean culture is a crop of great economic value and its cultivation has been responsible for expanding the Brazil's agricultural frontier. Producers are looking for techniques that increase their productivity without the counterpart of environmental degradation. One of the alternatives is to use conservationist production systems, such as integrated crop-livestock system under no-tillage. The objective of this work was to verify aspects of conservation agriculture and the soybean crop development in integrated crop-livestock systems, under the straw of different forage species of the *Brachiaria* genus in a Red Latosol Distroferric soil of the Cerrado region. Therefore, the experiment was carried out in the complete randomized complete block design and subdivided plots with four replications. In the plots were evaluated different integration systems with the previous cultivation: *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, *Brachiaria ruziziensis*, in single crops and intercropped with maize and maize monoculture. In the subplots, two grass management systems were evaluated: grazing simulation cut or with destination for straw formation in no - tillage. The soil physical quality was estimated by soil density and Least Limiting Water Range from undisturbed soil samples collected at depths of 0-0.05; 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m. After the pasture desiccation in the soybean crop implantation, plantability and straw decomposition evaluations were carried out. These conservationist aspects were correlated with soybeans yield grown in succession. The soil physical diagnosis showed that the cultivars BRS Paiaguas and Xaraes promoted improvements in the edaphic environment due to the higher biological decompaction of the soil. The amount of straw on the soil surface did not affect the performance of the grain seeder, with no tailing and uniformity of sowing between the treatments. Although the analyzed attributes constitute environmental services, they did not interfere in the grain yield of the soybean.

KEYWORDS: integrated crop-livestock system, biological decompaction of soil, provision of environmental services.

3.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o Brasil tem recebido destaque mundial principalmente no agronegócio (TOLLEFSON, 2010; RADA, 2013; SANTOS et al., 2016), o que se deve às inovações tecnológicas; ao uso eficiente de insumos e máquinas agrícolas. É um país que possui recursos necessários para aumentar a produção de alimentos e contribuir para a alimentação mundial (PEREIRA et al., 2012; BUAINAIN et al., 2014). O uso destas ferramentas tem possibilitado a expansão agrícola para regiões até então marginalizadas, com destaque para a região do Cerrado, contribuindo para o aumento da produtividade de grãos, pecuária e agroenergética do país (SANTOS et al., 2016).

Neste contexto, surgiu a preocupação das entidades internacionais que alertam sobre os riscos do manejo e conservação dos recursos naturais e a importância da sustentabilidade do sistema de produção (GIBBS et al., 2015; STRASSBURG et al., 2017). O sistema de manejo em que o solo é submetido contribui para manutenção ou melhoria de suas propriedades, a fim de proporcionar condições adequadas ao desenvolvimento das culturas com o consequente aumento da produtividade. No entanto, esses aspectos vêm sendo negligenciados pelos agricultores, induzindo a compactação do solo e desencadeando consequências como a redução da capacidade produtiva (GUIMARÃES JUNNYOR et al., 2015), o aumento da degradação do solo e dos processos erosivos (KRÜMMELBEIN et al., 2008; SEVERIANO et al., 2013).

A compactação é consequência da compressão do solo não saturado quando submetido as pressões aplicadas pelos modernos maquinários e por animais (GUPTA et al., 1989), sendo caracterizada como a maior limitação física a alta produtividade das culturas em todo o mundo (RICHART et al., 2005). Por esse motivo, a recuperação da qualidade física do solo assume importância agrícola e ambiental, principalmente em regiões tropicais, com destaque para os Latossolos do Cerrado, solos susceptíveis a compactação (SEVERIANO et al., 2013). No entanto, em razão da grande demanda por investimentos no processo de descompactação mecânica, tem-se buscado técnicas alternativas para amortização dos custos operacionais e que também asseguram a sustentabilidade agrônômica (SEVERIANO et al., 2010).

A integração agricultura-pecuária, quando associada ao cultivo de *Brachiaria brizantha* (syn. *Urochloa*), constitui uma técnica promissora à descompactação biológica do solo e a melhoria da qualidade estrutural do solo (SILVA et al., 2014; FLÁVIO NETO et al., 2015), particularmente em sistemas intensivos de produção agrícola, cujo tráfego de máquinas é intensa (SEVERIANO et al., 2013). Assim, o desenvolvimento destas plantas pode amenizar os efeitos deletérios causados a estrutura do solo (BLAINSKI et al., 2009; CHIODEROLI et al., 2012).

Além disso, tem-se a prestação de serviço ambiental, pois contribui na manutenção da matéria orgânica, na melhoria da taxa de infiltração de água das chuvas e, a subsequentemente disponibilidade para os cultivos e redução do escoamento superficial, que evita a erosão e poluição de mananciais (VAN RAIJ, 2008; VILELA et al., 2011; CARDUCCI et al., 2015; REATTO e PASSOS, 2016). Este fato tem levado ao aumento de produtividade agrícola com redução no uso de insumos. Por esses motivos, pode ser considerado um sistema de produção agronomicamente eficiente e ambientalmente correto (KLEIN e KLEIN, 2014; LEMAIRE et al., 2014; SALTON et al., 2014).

Neste contexto, objetivou-se avaliar aspectos da agricultura conservacionista no desenvolvimento da cultura da soja no sistema de integração agricultura-pecuária, sob a biomassa de espécies de forrageiras do gênero *Brachiaria* em Latossolo Vermelho Distroférico do Cerrado brasileiro.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em área experimental localizada no Instituto Federal Goiano, município de Rio Verde - Goiás, Brasil, com latitude 17° 48' 34,25" S, longitude 50° 54' 05,36" W, e 731 m de altitude. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico (SANTOS et al., 2018).

O clima é classificado, conforme Köppen, como Megatérmico ou Tropical Úmido (Aw), subtipo Tropical de Savana, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 25°C e a média pluviométrica anual é de, aproximadamente, 1600 mm.

Antes da semeadura da soja, foram coletadas amostras deformadas na camada de 0,00 – 0,20 m e encaminhadas para caracterização física e de composição dos óxidos, determinadas segundo Embrapa (2011) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização física e química do Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde – GO, 2016.

Camada (m)	Dp ⁽¹⁾ (kg dm ⁻³)	Ds ⁽²⁾	Textura ⁽²⁾			Óxidos no ataque sulfúrico				
			Areia	Silte	Argila	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr
0 – 0,20	2,80	1,34	350	200	450	46	198	224	0,39	0,23

⁽¹⁾Dp: Densidade de partículas; ⁽²⁾Ds: Densidade do solo; Ki: relação molecular (SiO₂/Al₂O₃); Kr: relação molecular SiO₂: (Al₂O₃ + Fe₂O₃). Atributos determinados segundo Embrapa (2011).

A correção do solo foi realizada mediante os resultados da análise química do solo (Tabela 2), sendo aplicado 30 kg ha⁻¹ de N, 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme recomendações de Souza e Lobato (2004), para o Cerrado brasileiro e as exigências nutricionais da cultura da soja.

Tabela 2. Complexo sortivo na camada de 0-0,20m do Latossolo Vermelho Distroférico típico no município de Rio Verde - GO.

Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	S	Zn	B	Cu	Mn	Mo	V ⁽¹⁾	m ⁽²⁾	M.O. ⁽³⁾	pH
----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----				---		%		g kg ⁻¹			
1,83	0,75	0,01	5,15	2,8	34	10,55	0,62	0,17	3,82	25,95	25,71	34,25	0,37	25,17	4,96

⁽¹⁾ V: saturação por bases; ⁽²⁾ m: saturação por alumínio; ⁽³⁾ M.O.: Matéria Orgânica. P: Determinado pelo extrator Mehlich. pH em CaCl₂. Atributos determinados segundo Embrapa (2011).

Inicialmente realizado as seguintes atividades: duas operações de subsolagem cruzadas a 0,40 m de profundidade, uma aração e duas gradagens, com objetivo de eliminar o histórico de tensão da área. Posteriormente o solo foi compactado através do tráfego de um trator agrícola com tara de 4,5 Mg. No mês de janeiro de 2016, quando o solo estava próximo a capacidade de campo foram passadas quatro vezes o trator no mesmo lugar em toda a área seguindo o procedimento descrito por Guimarães Júnnyor et al. (2015).

O experimento foi implantado por Torino et al. (2018) no período de segunda safra de 2015/2016, correspondente a época imediatamente após a colheita de verão, em que ocorre mudança de estações (do verão chuvoso para inverno seco) e estágio de semeadura estendendo de janeiro a março. Foi conduzido no delineamento em blocos completos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, de dimensões das parcelas foram de 14,0 m de comprimento e 6,5 m de largura, foram avaliados os tratamentos: *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Brachiaria ruziziensis*, em cultivos solteiros e consorciados com milho, além do monocultivo de milho. Nas subparcelas foram

avaliados dois sistemas de manejo do capim: livre crescimento e corte de simulação de pastejo, com o propósito de quantificar o potencial de estruturação do solo pelos sistema radicular e pelo manejo de corte dos capins, sem a influência do pisoteio animal, que pode causar compactação adicional.

Representamos então, nos tratamentos, as variantes do sistema de integração agricultura-pecuária adotados no Brasil. O consórcio milho-capim com manejo de corte da forrageira representa o cenário de cultivo em que após a segunda safra de milho, implanta-se a terceira safra de forragem para o pastejo animal e a quarta safra palhada para realizar o plantio direto. Os sistemas forrageiros em monocultivo com corte de simulação de pastejo têm como proposição a substituição da segunda safra de grãos pela safra de forragem para produção animal à pasto e de biomassa de cobertura para plantio direto. Já o cultivo dos capins em livre crescimento tem como finalidade a produção de biomassa para o posterior plantio direto.

No dia 26 de janeiro de 2016 foi realizada a semeadura mecanizada do milho e, posteriormente, a semeadura a lanço das forrageiras no sistema de monocultivo. Aos 22 dias após a semeadura (DAS), procedeu-se com a sobressemeadura a lanço das espécies forrageiras nas parcelas de consórcio, juntamente com a adubação de cobertura do milho. Ressalta-se que no estágio de formação das espigas ocorreu um forte veranico, totalizando 44 dias sem chover (TORINO et al., 2018). O milho foi colhido aos 126 DAS e as forragens em sistema de monocultivo tiveram quatro cortes e, no consorcio, três cortes.

A experimentação agropecuária, aqui avaliada, iniciou-se em outubro de 2016. Para tanto, foram realizadas amostragens de solo indeformadas após o ciclo dos capins, em todas subparcelas, em três camadas do solo (0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m), utilizando anéis volumétricos com auxílio de amostrador tipo Uhland, para avaliação do potencial de descompactação biológica do solo, conforme Flávio Neto et al., (2015). Coletou-se ainda amostras deformadas nas camadas descritas, utilizadas para determinação do ponto de murcha permanente (potencial matricial de -1,5 MPa) pelo uso do Extrator de Richards (TEIXEIRA et al., 2017).

As amostras foram processadas no Laboratório de Física do Solo do IF Goiano, Campus Rio Verde. No laboratório, o excesso de solo dos anéis volumétricos foi retirado e submetidas à saturação com água destilada em bandejas, através da elevação gradual de lâmina (48 h). Posteriormente, foram submetidas ao potencial matricial de -

0,006 MPa em funis de placa porosa, sendo o conteúdo de água obtido considerado equivalente à capacidade de campo do solo (EMBRAPA, 2011).

Após a determinação da retenção de água, cada amostra foi ajustada a diferentes conteúdos de água, variando de 0,05 a 0,36 $\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$, e foram submetidas ao teste de penetrometria. Neste ensaio, utilizou-se um penetrômetro de bancada MARCONI-MA 933/30 dotado de variador eletrônico de velocidade (10 mm min^{-1}) e sistema de registro de dados, segundo Severiano et al. (2011).

Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105°C por 48 horas para a determinação da densidade do solo (D_s). A porosidade total (PT) foi determinada pela equação 1, sendo D_p considerada a densidade de partículas utilizando metodologia proposta por Blake e Hartge (1986).

$$PT = [1 - (D_s/D_p)] \quad \text{Eq. (1)}$$

A curva de resistência à penetração (CRP) foi obtida por Torino et al., (2018) relacionando os valores de resistência à penetração (RP) em função do conteúdo volumétrico de água (θ) e da D_s , seguindo o modelo não linear proposto por Busscher (1990) (Equação 2):

$$RP = 0,01\theta^{-0,96}D_s^{6,51}; R^2 = 0,83^{**} \quad \text{Eq. (2)}$$

O Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) foi determinado de acordo com os procedimentos descritos em Silva et al. (2006), considerando como limites superiores, o conteúdo de água no solo retido no potencial matricial de -0,006 MPa como sendo o conteúdo de água na capacidade de campo (θ_{CC}) (SEVERIANO et al., 2011) ou aquele em que o conteúdo de água para a porosidade de aeração (θ_{PA}) é de 10 % (GRABLE e SIEMER, 1967), calculado para cada amostra pela equação 3:

$$\theta_{PA} = PT - 0,1 \quad \text{Eq. (3)}$$

Como limites inferiores foram considerados o conteúdo de água retido no potencial matricial de -1,5 MPa como o conteúdo de água no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) (RICHARDS e WEAVER, 1943), e/ou o conteúdo de água correspondente a resistência à penetração de 2,0 MPa (θ_{RP}), obtidos utilizando a Equação 2.

Após a amostragem de solo, foi realizada a dessecação dos capins com antecedência de 31 dias à sementeira da soja, com pulverização em área total do herbicida *Glyphosate* (3,5 L ha⁻¹).

Aos 14 dias após a dessecação, ocasião em que o capim apresentou sintomas visuais de senescência, foram coletadas amostras da palhada em 2,0 m² em cada subparcela, com exceção da subparcela de milho em monocultivo destinada para pastejo animal, em que a palhada remanescente da colheita dos grãos foram eliminadas previamente em simulação ao pastejo animal. Desta forma, o referido tratamento permaneceu descoberto por ocasião da sementeira e durante todo o ciclo da soja.

O material foi pesado e parte foi separada para a determinação da massa de matéria seca, em estufa (55 °C por 72 h). A partir destes valores, determinou-se a produtividade de biomassa por hectare de cada tratamento. O restante do material foi proporcionalmente dividido em quatro bolsas de nylon (0,3 x 0,3 m), a partir do peso correspondente ao material inicial obtido nos 2,0 m² avaliados.

Cada bolsa de nylon representou um tempo de decomposição em campo correspondente à 30, 60, 90 e 120 dias após a senescência, considerando ainda, o peso inicial como 0 dias. Findo este período, as bolsas de cada tempo foram coletadas e o material foi lavado em água destilada e seco em estufa de circulação forçada (55°C até peso constante), para a determinação da massa de matéria seca remanescente, por diferença de pesagem.

Para descrever a curva de decomposição da palhada, ajustou-se os dados de biomassa remanescente em função do tempo de decomposição (0 a 120 dias) ao modelo matemático exponencial, descrito por Wieder e Lang (1982) (equação 4):

$$P = P_0 e^{(-kt)} \quad \text{Eq. (4)}$$

em que P é a quantidade de biomassa seca existente no tempo t, em dias; P₀ é a fração da palhada potencialmente decomponível; e k é a constante de decomposição da biomassa seca.

A meia-vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que 50% da biomassa remanescente seja decomposta, foi calculada pela equação 5, de acordo com Paul e Clark (1989):

$$t_{1/2} = 0,69/k \quad \text{Eq. (5)}$$

A semeadura da soja foi realizado no dia 18 de novembro de 2016, utilizando a cultivar NS 7202 IPRO. Esta cultivar possui alta produtividade, arquitetura favorável a controle de doenças, adaptação a épocas de plantio e crescimento indeterminado. As sementes da cultivar foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na proporção de 1 kg de inoculante para 50 de sementes. Para realizar a homogeneização do inoculante, grafite, fungicida (Cropstar[®]) e inseticida (Cruiser[®]) específicos para tratamento de sementes, utilizou-se uma betoneira. A adubação foi realizada no sulco do plantio, conforme análise de solo (Tabelas 1 e 2).

Para implantação da cultura da soja, foi utilizada uma semeadora/adubadora de plantio direto da marca Massey Ferguson, modelo MF 500 Série L-M- SEED, de nove linhas espaçadas de 0,5 m, a abertura de sulco para deposição de adubo a 0,8 m foi realizada com sistema de disco duplo defasado. Os discos de distribuição de sementes alveolados posicionados horizontalmente sobre a linha de plantio para soja – contendo 90 furos e \varnothing 8 mm e o trator John Deere 6600; tração: 4x2 TDA; capacidade: 121 cv.

A semeadora agrícola foi regulada para a população de 400 mil plantas por hectare, que é o recomendado para o cultivar no centro-oeste de Goiás (NIDERA, 2016). A profundidade e semeadura adotada foi 5 cm, conforme orientação de EMBRAPA (2003). Utilizou-se a velocidade média de 4,8 km h⁻¹, conforme recomendado por RAUTA (2010).

O manejo fitossanitário da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) iniciou aos 30 dias após a emergência (DAE), com isca granulada (pirazol composição química fipronil 0,01%) para o controle de formigas. Ais 60 DAE, aplicou o fungicida trifloxystrobin + ciproconazole (300 mL ha⁻¹), preventivamente. Aos 72 DAE, realizou-se o levantamento de pragas (ocorrência de Vaquinha - *Colaspis sp.*; Mosca – branca – *Bemisia tabaci*; Metaleiro – *Megascelis sp.*; Lagarta-das-vagens – *Spodoptera albula* e; percevejo-marrom – *Euschistus heros*). Efetuou-se então o controle das mesmas com o inseticida Engeo pleno (200 mL ha⁻¹).

A avaliação da plantabilidade foi realizada 15 dias após a semeadura (DAS), com o auxílio de trenas, em cinco linhas centrais de semeadura, numa extensão de 2 m, que totalizou 4,5 m² por subparcela. Durante a avaliação observou-se a ocorrência de: espaçamentos “duplos” (D), 0,5 vezes menores ao espaçamento médio estabelecido (Xref.); “aceitáveis ou espaçamento normal” (A), de 0,5 a 1,5 vezes o espaçamento médio estabelecido (Xref.); e “falhas” (F) 1,5 vezes maiores ao espaçamento médio

estabelecido (Xref.), conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994) (TOURINO et al., 2002; MANTOVANI et al., 2015). O espaçamento médio estabelecido para o espaçamento e população adotado foi de 0,05 m entre plantas.

Para a determinação da produtividade, foram colhidas aos 143 DAS todas as plantas na área de 4,5 m² utilizada na avaliação da plantabilidade, das quais 10 foram separadas para avaliação agrônômica da cultura, pelas seguintes características:

- (i) Altura de plantas, considerando-se a distância entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal da planta;
- (ii) O número de vagens, obtido por contagem e;
- (iii) Número de cicatrizes com vagem e sem vagem, contados nas mesmas 10 plantas coletadas anteriormente.

Em seguida, as plantas foram trilhadas e os grãos trilhados foram limpos. A massa foi determinada, sendo os valores obtidos, transformados em peso de 1000 grãos e em produtividade (kg ha⁻¹), corrigidos a 13% de umidade.

Durante todo ciclo da soja, foram monitoradas diariamente a precipitação pluviométrica e a temperatura (Figura 1).

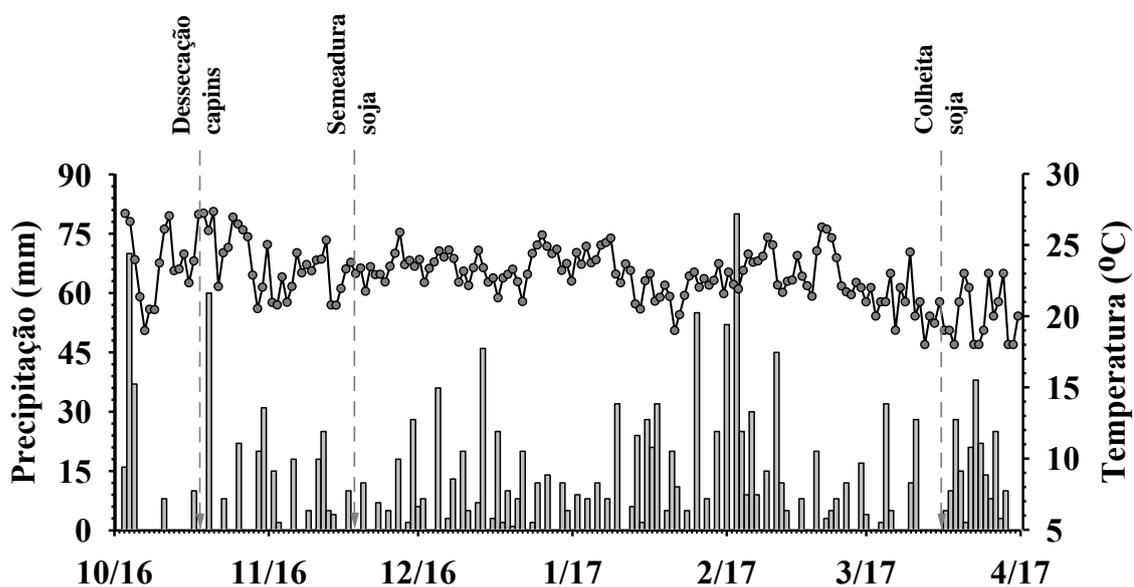


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) diária de outubro de 2016 a abril de 2017, no município de Rio Verde, Goiás.

Os resultados dos atributos físicos do solo, meia vida da palhada, plantabilidade e desenvolvimento da soja foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), quando constatada significância. Além disso, o coeficiente de correlação de Pearson (r) foi utilizado para avaliar a correspondência

entre todos os atributos relativos aos aspectos da agricultura conservacionista e o desenvolvimento da cultura da soja nos sistemas integrados de produção agropecuária.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre o conteúdo de água e a densidade do solo (D_s), considerando os limites críticos do IHO é apresentado na figura 2, onde o conteúdo de água em que o ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) limita o IHO até a densidade do solo (D_s) atingir o valor de $1,24 \text{ kg dm}^{-3}$. A partir deste ponto, o conteúdo de água em que a resistência à penetração limitante (θ_{RP}) torna-se o limite inferior do IHO, cuja amplitude diminui até a nulidade, no valor de $D_s = 1,36 \text{ kg dm}^{-3}$ (D_s crítica). Resultados similares foram encontrados por Severiano et al. (2011), em Latossolo Vermelho argiloso, onde o IHO é limitado na parte superior pelo conteúdo de água na capacidade de campo (θ_{CC}) e na parte inferior pelo conteúdo de água em que a resistência à penetração crítica é atingida (θ_{RP}) no mesmo momento estatístico da estrutura do solo ($D_s = 1,25 \text{ kg dm}^{-3}$).

O conteúdo de água em que a porosidade de aeração mínima é atingida (θ_{PA}) sofre redução com o aumento de D_s , sem, no entanto, limitar a magnitude do IHO (Figura 2). Isto se deve ao desenvolvimento em grandes proporções de poros estruturais em Latossolos oxídicos (BARBOSA et al., 2014), que por sua vez, favorecem uma aeração excessiva aos mesmos. Os autores atribuem esse comportamento à estrutura do tipo granular dos Latossolos, que causa baixa capilaridade e, conseqüentemente, menor retenção de água (SEVERIANO et al., 2011).

A densidade do solo afeta sobremaneira a resistência à penetração, em que dentre os fatores limitantes do IHO, foi o que mais sofreu incrementos com a compactação do solo, demandando cada vez maiores conteúdos de água para manter-se no valor crítico de 2,0 MPa. De acordo com Ribon e Tavares Filho (2008), elevados valores de densidades do solo diminuem os espaços vazios, o que resulta no aumento da resistência mecânica dos solos, prejudicando o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

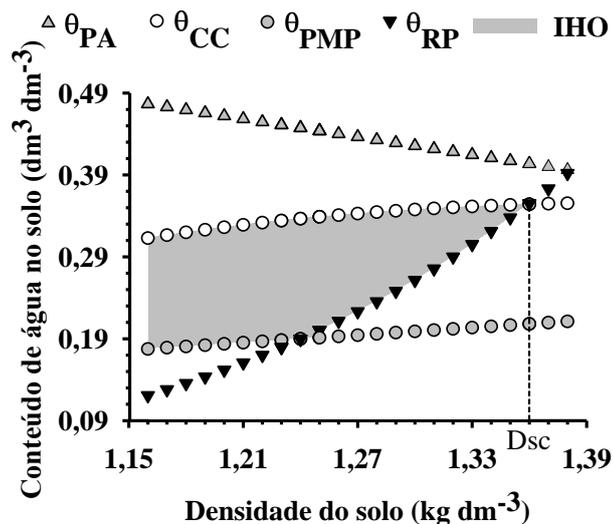


Figura 2. Variação do conteúdo de água no solo (θ) com o incremento da densidade do solo (D_s), nos limites críticos de capacidade de campo (θ_{CC} , -0,006 MPa), ponto de murcha permanente (θ_{PMP} , -1,5 MPa), porosidade de aeração a 10% (θ_{PA}), e resistência do solo à penetração de 2,0 MPa (θ_{RP}), do Latossolo Vermelho Distroférico cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária, no município de Rio Verde, Goiás. A área hachurada representa o intervalo hídrico ótimo (IHO); D_{sc} : densidade crítica ao desenvolvimento das plantas.

Observa-se, ao analisar o IHO, que há aumento no conteúdo de água até o valor de densidade do solo $1,24 \text{ kg dm}^{-3}$, a partir de onde sua magnitude começa a decrescer até a $D_{sc} = 1,36 \text{ kg dm}^{-3}$, em que o $IHO=0$. Nessas condições o desenvolvimento das plantas é limitado estando o solo sob quaisquer condições de degradação física (SILVA, et al., 1994) (Figura 2). A amplitude do intervalo hídrico ótimo variou entre 0,0 a $0,14 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$, valores estes comuns em Latossolos de mesma classe textural e submetidos a manejo intensivo (TORMENA et al., 2007; BLAINSKI et al., 2009; FLÁVIO NETO et al., 2015).

A densidade de $1,24 \text{ kg dm}^{-3}$ é, portanto, considerada benéfica (D_{sb}), indicando que pequeno incremento na densidade pode aumentar a retenção de água nestes solos, já que são solos altamente porosos sob condições naturais (SEVERIANO et al., 2011).

A figura 3 apresenta atributos de qualidade física do solo em decorrência dos sistemas de agricultura conservacionista adotados. Observa-se que os valores de D_s observados superaram a D_{sb} ($1,24 \text{ kg dm}^{-3}$; Figuras 2 e 3). Ressalta inicialmente, que o corte de simulação de pastejo da planta forrageira, não sendo observada diferenças entre o manejo destinado a produção animal a pasto em relação ao livre crescimento do capim, visando a produção de biomassa de cobertura para o sistema de plantio direto.

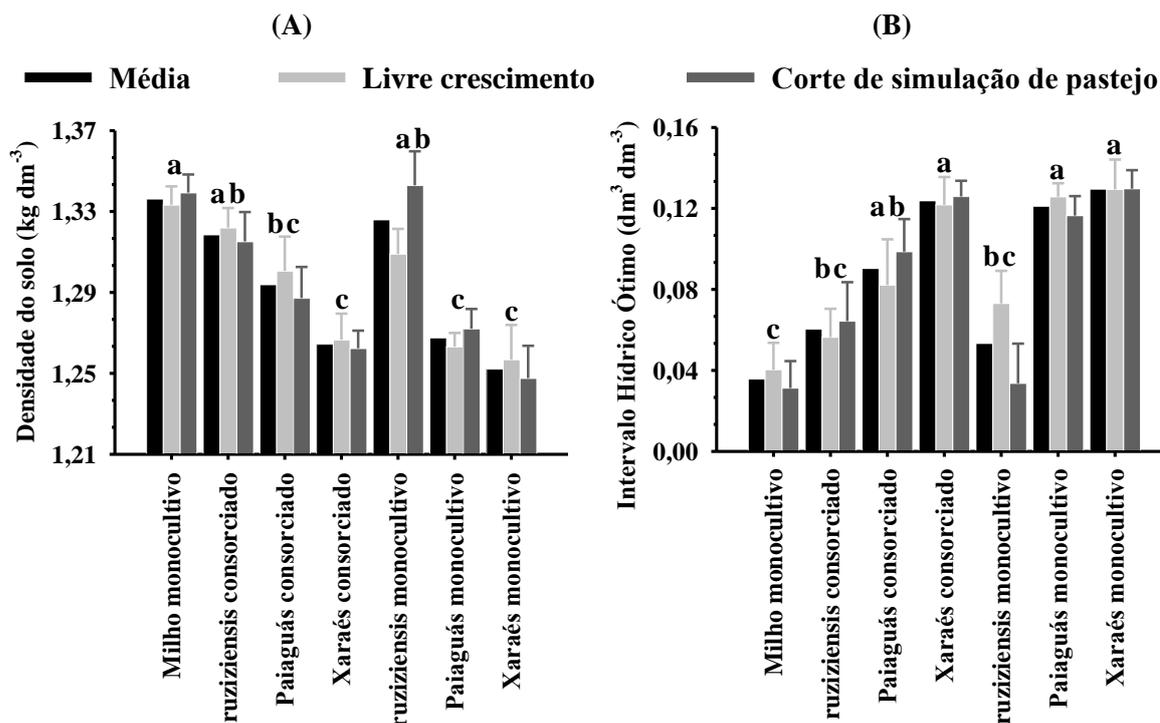


Figura 3. Atributos de qualidade física do solo [Densidade do solo (A) e alterações no intervalo hídrico ótimo (B)] do Latossolo Vermelho Distroférrico em sistemas de agricultura conservacionista no município de Rio Verde, Goiás. Médias entre os sistemas forrageiros seguidas de mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Esperava-se, em neste estudo, que o corte de simulação de pastejo promovesse maiores alterações estruturais do solo, em relação ao capim sob livre crescimento. Isto porque o corte das plantas forrageiras induz a emissão de novos perfilhos e aumenta a densidade radicular em áreas pastejadas (LARREGUY et al., 2014), intensificando assim, a estruturação do solo (PEDREIRA et al., 2014). Ressaltando, entretanto, que o cultivo dos capins se deu no período de inverno brasileiro, por ocasião da integração agricultura-pecuária (TORINO et al., 2018), época está caracterizada por baixas precipitações que afetaram o seu desenvolvimento pleno (PEZZOPANE et al., 2015). Sugerindo ainda, que nestas condições edafoclimática, respostas do enraizamento de capins do gênero *Brachiaria* e, conseqüentemente, da descompactação biológica do solo estejam associadas ao genótipo em contrapartida a forma de uso da planta.

Analisando a ação dos sistemas forrageiros sobre a estrutura do solo pela Ds (Figura 3A), observa-se, mesmo com pequena variação de amplitude deste atributo (1,26 a 1,34 kg dm⁻³), a seguinte ordem: milho em monocultivo \geq ruziziensis em monocultivo = ruziziensis consorciado \geq paiguás consorciado $>$ paiguás em monocultivo = xaraés em monocultivo = xaraés consorciado com milho. Por outro lado,

o IHO apresentou amplitude de 3,5 vezes (0,04 a 0,14 $\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$ - Figura 3B) e demonstra a sua elevada sensibilidade às alterações estruturais do solo. Pelo caráter multifatorial do IHO, tem sido considerado o indicador biofísico do solo que melhor se correlaciona ao crescimento das plantas (Tormena et al., 2007).

Entre os sistemas forrageiros adotados, destaca-se como estratégia de mitigação da degradação física do solo, a *Brachiaria brizantha* (capins xaraés e paiaguás), com os maiores valores de IHO e de D_s próxima à D_{sb} . Este resultado se deve a intensa emissão de perfilhos e raízes (SMITH et al., 1982) e, no caso da cultivar Xaraés, também pela velocidade de rebrota e produção de forragem (FLORES et al., 2008). Talvez por isso, o referido capim possa ser capaz de prestar o serviço ambiental de descompactação biológica do solo, mesmo quando cultivado consorciado ao milho. Resultados semelhantes foram encontrados por Flávio Neto et al. (2015), ao avaliar o IHO em decorrência das espécies de *B. brizantha* cv. Xaraés e Piatã, *B. decumbes* e *B. ruziziensis* durante o período de inverno.

Em contrapartida, os tratamentos com milho em monocultivo apresentaram valores de densidades do solo semelhantes ao observado na implantação do sistemas forrageiros (1,34 kg dm^{-3} – Tabela 1) e menores de IHO (0,04 $\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$), que foi semelhante aos encontrados na *B. ruziziensis* em monocultivo ou consorciada. Isto se deu, provavelmente pelas características do sistema radicular menos vigoroso e superficial, quando comparados aos tratamentos contendo *B. brizantha* cvs. Xaraés e Paiaguás (Figura 3B), demonstrando menor eficiência na recuperação estrutural do solo quando comparada as outras espécies utilizadas. Dessa forma a *B. ruziziensis* apresenta potencial limitado na recuperação física do solo, corroborando com resultados obtidos por Flávio Neto et al. (2015).

De acordo com Chioderoli et al. (2012), ao pesquisarem os atributos físicos do solo e a produtividade da soja no sistema de integração agricultura-pecuária com as forrageiras semeadas na época de adubação de cobertura do milho (condições experimentais semelhantes as aqui avaliadas), constataram maior descompactação biológica do solo pela *B. brizantha* em relação à *B. ruziziensis*. Os autores afirmam ainda que a agressividade do sistema radicular das forrageiras proporcionam maior enraizamento das culturas em sucessão, notadamente nos bioporos das gramíneas inseridas no sistema. Assim, mesmo que o solo esteja inicialmente degradado, esta espécie, com destaque para os capins xaraés e paiaguás melhoram o ambiente edáfico (Figura 3), viabilizando a cultura subsequente, neste caso, a soja.

As espécies e cultivares de *Brachiaria* podem variar quanto à sua habilidade de descompactação biológica do solo (FLÁVIO NETO et al., 2015). A superioridade potencial de capins da espécie *B. brizantha* também foram quantificadas por: - Calonego et al. (2011), em consórcio com milho por dois anos consecutivos; - Silva et al. (2014), em sistemas de manejo do solo na entressafra da cultura da soja e após 5 anos da sua implantação; - Lima et al. (2015), em avaliação desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação do solo e; - Fidalski (2015), na avaliação do IHO e melhoria da qualidade física do solo.

Diagnosticada a degradação física do solo, os capins do gênero *Brachiaria*, sobretudo aqueles pertencentes à espécie *brizantha* são, de fato, a melhor estratégia de recuperação física de solos da região do Cerrado brasileiro sob as premissas de agricultura conservacionista (CHIODEROLI et al., 2012; SILVA et al., 2014) e também, alternativa à operação de preparo convencional do solo. No sudoeste do estado de Goiás, os agricultores têm promovido arações e gradagens do solo visando eliminar a compactação. A reestruturação do solo pelo sistema radicular da *B. brizantha* torna-o mais resistente, inclusive, à erosão (SANTOS et al., 1998).

Em adição, a *Brachiaria ruziziensis* tem sido muito utilizada na agricultura conservacionista, pela sua eficiência de dessecação e menor entouceiramento, favorecendo a plantabilidade das culturas de grãos subsequente (GIANCOTTI, 2012; FLÁVIO NETO et al., 2015). Por outro lado, esta espécie se mostra menos eficaz na recuperação física do solo, quando comparada à *B. brizantha* cvs. Paiaguás e Xaraés, seja em monocultivo ou em consorciado com milho, seja destinada ao pastejo animal ou à produção de biomassa de cobertura (Figura 3).

Aliado a prestação de serviços ambientais supracitados, salienta-se que a eficiência da semeadura direta na biomassa de cobertura, torna-se fator de decisão na escolha da planta forrageira a ser utilizada nos sistemas conservacionistas. Neste sentido, a figura 4 demonstra que os resultados de plantabilidade e de população de plantas para a cultivar NS 7202 IPRO de soja não se diferenciaram pelos sistemas de manejo adotados.

A figura 4A faz uma relação entre a distribuição de plantas pela semeadora, em que a proporção de plantas em espaçamento normal (0,025 a 0,075 m entre si) foi de 60%, com 23% de plantas duplas (< 0,025m) e 17% de falhas de espaçamento de semeadura (> 0,075m). De acordo com a classificação de desempenho realizado por Tourino e Klengensteiner (1983), a distribuição de plantas de soja do referido estudo

obteve resultado regular quanto à distribuição das sementes na linha de semeadura, considerando o mecanismo gravitacional de distribuição de sementes utilizado. Para Correia et al. (2015), semeadoras com esta característica apresenta uniformidade de plantio entre 50 a 70%. Os resultados do experimento foram superiores aos obtidos por Zardo e Casimiro (2016) que, avaliando tecnologia convencional obtiveram para a cultura da soja, 23,3% duplas 25,4% falhas e 50,4% aceitáveis.

A figura 4B traz a população de população de plantas nos sistemas de manejo, em que a população média de plantas foi de 405.036 mil pl ha⁻¹. Varios trabalhos têm demonstrado a baixa resposta da soja as variações de densidade de plantas (TOURINO et al., 2002; FERREIRA JUNIOR et al., 2010; DE LUCA E HUNGRIA, 2014; BALBINOT JUNIOR et al., 2015b).

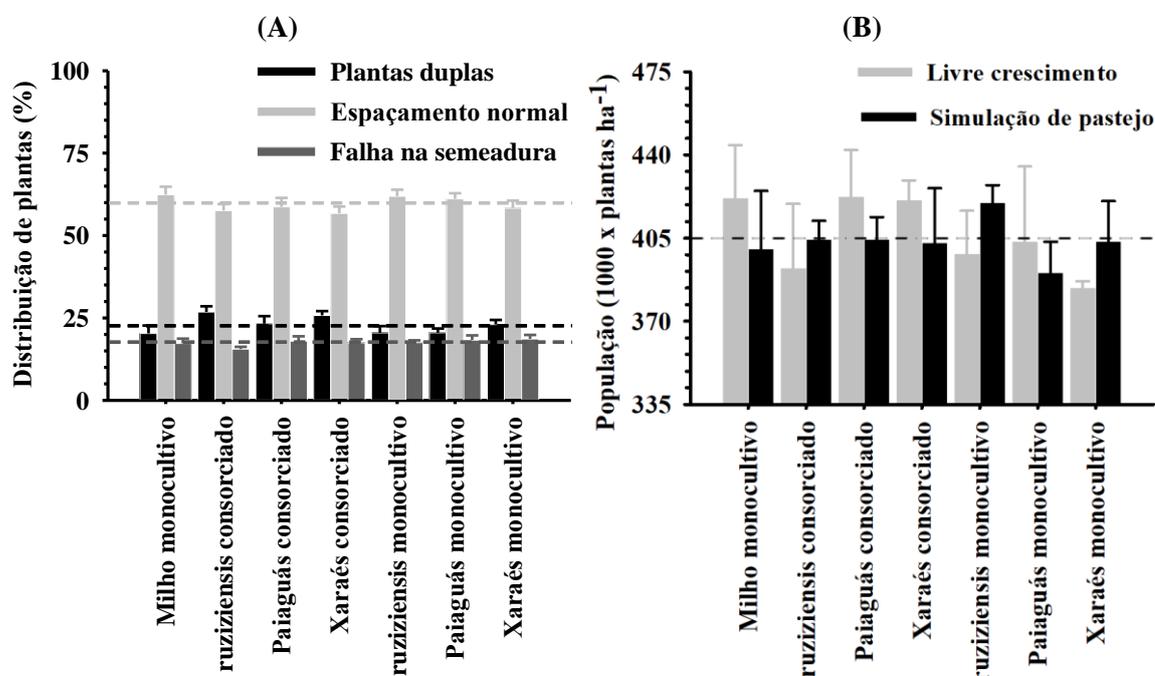


Figura 4. Plantabilidade de soja em decorrência dos sistemas conservacionistas de produção agropecuária em decorrência na distribuição longitudinal de plantas (A) e população de plantas (B) em Latossolo Vermelho Distroférrico no município de Rio Verde, Goiás. Linhas tracejadas indicam a média e as barras verticais, o erro padrão da média.

O arranjo das plantas de soja afeta diretamente a exploração dos fatores de produção que, por sua vez, parece ser capaz de se adaptar aos espaços disponíveis. A ausência de respostas em relação à uniformidade de plantio é relatada em muitos experimentos que buscam avaliar os efeitos da plantabilidade sobre a produtividade desta cultura (TOURINO et al., 2002; FERREIRA JUNIOR et al., 2010; DE LUCA E HUNGRIA, 2014; BALBINOT JÚNIOR et al., 2015b; CARMO et al., 2018). Contudo,

Tourino et al. (2002) define como crítico à cultura da soja a uniformidade (espaçamento normal) de 50%, podendo haver perdas de produtividade significativas abaixo desta.

Este atributo também é afetado pela cultivar adotada, pela capacidade de plasticidade fenotípica. É o que constataram Carmo et al. (2018), avaliando o desempenho agrônômico da soja semeada em diferentes épocas e distribuição espacial de plantas. Os autores verificaram que as cultivares se comportam diferentes frente a redução no espaçamento.

De acordo com Franchini et al. (2015), em sistemas de integração agricultura-pecuária, a época de dessecação também pode influenciar expressivamente a plantabilidade e o desempenho agrônômico da soja em sucessão. Grande quantidade de biomassa sob o solo na época de plantio pode elevar o índice de patinação do trator ao realizar a semeadura, assim como tende a provocar “embuxamento” com a palha acumulada na linha da semeadora (ARATANI et al., 2009). Devido a estes problemas é necessário intervalo adequado entre a dessecação à semeadura, quando não ocorre pastejo na área.

Salienta-se que os 31 dias de intervalo entre a dessecação e a semeadura foram suficientes para promover a dessecação de todas as plantas das espécies estudadas e eliminar eventuais interferências de quaisquer capins avaliados no que se refere à embuxamento, patinação do conjunto trator/semeadora (fatores não observados durante a operação de plantio) e uniformidade de plantio, utilizando a tecnologia de semeadura direta adotada nas condições experimentais. Como apresentado na figura 4^a, não houve diferença na distribuição longitudinal de sementes, para os tratamentos, bem como na população de plantas (Figura 4B).

Segundo Brighenti et al. (2011), existe variabilidade entre as espécies de *B. decumbens*, *B. brizantha* e *B. ruziziensis*, quanto a suscetibilidade ao herbicida glyphosate, sendo a *B. ruziziensis* a mais susceptível e possibilitando a realização da semeadura com menor intervalo de tempo após a dessecação. Deve-se, portanto, no planejamento agrônômico da agricultura conservacionista, contabilizar no calendário agrícola o processo de formação da cobertura de solo de acordo com a espécie adotada.

Por este motivo, os resultados demonstram que eventuais restrições ao uso de *B. brizantha* como planta de cobertura não esteja associada a morfologia desta planta forrageira, mas a fisiologia da dessecação, notadamente em relação ao capim-xaraés, que possuiu menor eficiência deste processo em relação ao capim-paiaguás e da *B. ruziziensis* (MACHADO e VALLE, 2011). Embora os cultivares de *B. brizantha* sejam

considerados como ferramentas estratégicas de manejo físico do solo (CALONEGO et al., 2011; CHIODEROLI et al., 2012; SILVA et al., 2014; LIMA et al., 2015; FIDALSKI, 2015; FLÁVIO NETO et al., 2015), sua utilização apresenta certa resistência pelo manejo incorreto da dessecação, comumente associado a dificuldade de dessecação que, por sua vez, afeta a operação de semeadura das culturas em sucessão, no que tange a perda de eficiência operacional do maquinário.

De acordo com Costa et al. (2014), ao avaliarem o manejo de dessecação e a dosagem de glyphosate na forrageira de *B. ruziziensis* para formação de palhada no sistema de plantio direto, observaram elevada eficiência em todas as condições avaliadas, sendo possível reduzir custos de manejo de dessecação por utilizarem menores doses do herbicida. Desta forma, o referido capim tem sido muito utilizado no sistema IAP, dada sua rápida dessecação e com doses inferiores de herbicida (12 a 16%, no caso do glyphosate), reduzindo também o tempo de formação de biomassa de cobertura (BRIGHENTI et al., 2011).

Preconiza-se em áreas que utilizam sistemas de IAP juntamente com o SPD, que a dessecação ocorra com antecedência de 15 a 25 dias antes do plantio (CONSTANTIN et al., 2009). Em contrapartida, intervalos de tempo superiores geralmente podem afetar o desempenho das duas safras sucessivas frente as condições climáticas (concentração das chuvas no verão e menor comprimento de dias no inverno). Por isso, a resistência na adoção das espécies *B. brizantha*, que geralmente necessita de um período superior. A sua adoção como estratégia de recuperação da qualidade física do solo, portanto, deve ser precedida do diagnóstico de degradação do solo e, ainda, do planejamento de manejo do capim dentro do calendário agrícola.

Se por um lado o capim-*ruziziensis* é tido como de fácil dessecação (mesmo não sendo observado plantas vivas ou em senescência no momento da semeadura em todos os tratamentos do nosso estudo), este apresenta capacidade de descompactação biológica do solo limitada, como já discutido e, ainda, menor capacidade de produção de biomassa para o plantio direto, como pode ser visto na Figura 5.

Independente da cobertura do solo adotada, a simulação de pastejo com o corte das forrageiras e com a eliminação da biomassa de cobertura do milho das parcelas experimentais causou redução da produtividade de biomassa de cobertura em relação ao livre crescimento (Figura 5). Segundo Maia et al. (2014), embora a oferta de forragem para os animais no período de entressafra, quando consorciada com o milho na segunda safra seja satisfatória, o consumo pode vir a comprometer a cobertura do solo para os

cultivos agrícolas subsequentes, particularmente em anos em que ocorrem déficit hídrico severos (VILELA et al., 2011), como ocorreu durante a fase de implantação dos capins (TORINO et al., 2018). Isso porque, nessa situação, tem-se redução na produção de biomassa e na rebrota das forrageiras.

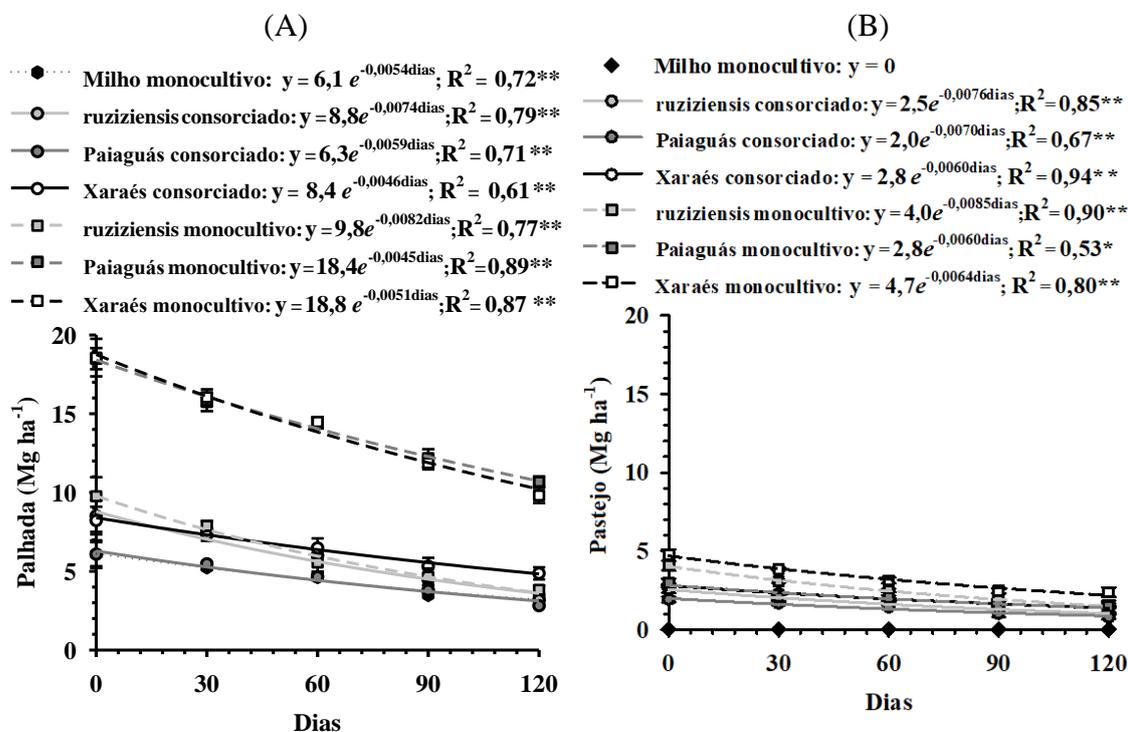


Figura 5. Curva de decomposição de biomassa de cobertura de *Brachiaria* e milho, no desdobramento em livre crescimento (A) e sob corte de simulação de pastejo (B) e cultivados em sistemas de integração agricultura-pecuária sob um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde, Goiás. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Os coeficientes de regressão das curvas de decomposição da biomassa de cobertura (Figura 5) destacam que as forrageiras em livre crescimento além de produzirem maiores quantidades de massa seca, apresentaram também decomposição mais lenta, em relação ao manejo com corte de simulação de pastejo. Na figura 5A, observa-se que o milho em monocultivo atingiu produtividade de palhada em torno de 6 Mg ha^{-1} , semelhante ao capim-aiguás consorciado, inferior a biomassa produzida no demais sistemas forrageiros consorciados e superados pela *B. ruziziensis* consorciada, com 8,8 Mg ha^{-1} e pelos sistemas em monocultivo, com produtividade média de 8,4, 18,4 e 18,8 Mg ha^{-1} para a *B. ruziziensis*, *B. brizantha* cv. Paiaguás e Xaraés, respectivamente. Para os sistemas sob simulação de pastejo, a produção de biomassa de cobertura variou de 0 Mg ha^{-1} no milho em monocultivo (em decorrência da retirada

manual de toda biomassa), 2 a 2,8 Mg ha⁻¹ nos capins consorciados e no monocultivo de paiaguás e de 4,0 e 4,7 para *B. ruziziensis* e xaraés, respectivamente.

Como observado por Portes et al. (2000), Alvarenga et al. (2006), Jakelaitis et al (2010) e Pariz et al. (2011), o consórcio entre milho e braquiária leva a supressão do desenvolvimento da forrageira, reduzindo o seu potencial produtivo. Por outro lado, a biomassa de cobertura produzida nos monocultivos forrageiros são superiores aos obtidos por Machado e Assis (2010) (9,4 Mg ha⁻¹ do capim xaraés), Rossi et al. (2013) (6,0 Mg ha⁻¹ de *B. ruziziensis*) e Krutzmann et al. (2013) (3,7 Mg ha⁻¹ de *B. ruziziensis*), mesmo com as condições climáticas adversas por ocasião da implantação das plantas forrageiras em nosso estudo. Esperando assim, maior produção de palhada neste sistema em anos com distribuição ausência do fenômeno verânico.

Em relação a quantidade de biomassa de cobertura para realização do plantio direto na região do Cerrado, salienta-se que não há consenso em torno de um valor ideal, variando entre 6 (TORINO et al., 2018) e 10 a 12 Mg ha⁻¹ de matéria seca (AMADO et al., 2000; TIMOSSI et al., 2007; CHIODEROLI et al., 2012). Ainda assim, a produção de biomassa observada, quando esta não seja destinada ao pastejo animal, foi superior ao adequado para os capins xaraés e paiaguás em monocultivo e próximas destes para o capim-ruziziensis em monocultivo, capins xaraés e ruziziensis consorciados, porém com maiores restrições ao capim-paiaguás consorciado e à biomassa oriunda da colheita do milho cultivado em segunda safra (Figura 5A).

Os resultados obtidos no estudo demonstram ainda que o eventual consumo da forragem pelos animais na entressafra pode comprometer os aspectos da agricultura conservacionistas, pela redução da biomassa em superfície e exposição do solo aos impactos de gotas de chuvas. Considerações à este respeito, ressalta-se a necessidade de realização de estudos específicos em torno do pastejo em sistemas de integração agricultura-pecuária, em contrapartida a menor proteção natural do solo ao processo erosivo. Se por um lado o consumo de forragem maximiza o ganho de peso animal a pasto na fase pecuária, este reduz a cobertura do solo na fase de agricultura que pode ser, pelo menos parcialmente, compensado pela maior infiltração de água em função da descompactação biológica.

Os resultados de produção de palhada no sistema sob corte de simulação de pastejo (Figura 5B) sugerem que em anos cuja implantação das forrageiras ocorrem sob baixos índices pluviométricos, o pastejo comprometeria a produção de biomassa de cobertura para o plantio direto. Nesse contexto, o livre crescimento (Figura 5A) poderia

ser mais vantajoso para a cultura da soja, porém excluiria a possibilidade da produção animal a pasto.

Alternativamente, faz-se necessário, portanto, a realização de pesquisa futuras visando definições de estratégias de manejo de sistemas integrados, notadamente associados a intensidade de pastejo e a rebrota do capim em pré-dessecação, a fim de estabelecer a relação dos componentes do sistema entre a estabilidade da produção (grãos, carne e biomassa de cobertura) e a conservação dos recursos naturais. Esses estudos são escassos e pouco conclusivos.

Analisando ainda a Figura 5, observa-se que em todos os sistemas de manejo com capim em livre crescimento apresentaram menor taxa decomposição em relação aos com corte de simulação de pastejo. Isso se deve ao desenvolvimento da fase reprodutiva das forrageiras, que leva ao aumento de colmos em relação às folhas, constituídas de materiais fibrosos ricos em lignina e celulose e, reduzindo a taxa de decomposição da forrageira.

De acordo com Torres et al. (2008), o tempo de meia-vida é considerado como indicativo de durabilidade da biomassa sobre a superfície do solo. Ao realizar o sistema IAP, faz-se necessário escolher plantas de cobertura que alcancem elevada produção de resíduos e que mantêm o solo coberto por maior período de tempo, principalmente em regiões como o Cerrado em que a decomposição de biomassa vegetal é acelerada pelas condições edafoclimáticas (JAKELAITIS et al., 2005; KLIEMANN et al., 2006, COSTA et al., 2014a).

Ressalta-se, com base nas figuras 5A e 6A, que *B. ruziziensis* em livre crescimento, tanto consorciada como em monocultivo, apresentou maior taxa de decomposição de biomassa (decomposição de 59 e 63% e meia-vida de 94 e 85 dias, respectivamente) em relação ao milho e aos capins *B. brizantha* (45% de decomposição média e meia-vida variando de 120 a 150 dias). Estes resultados corroboram aqueles obtidos por (ROSSI ET AL., 2013; AZEVEDO e SPEHAR 2002), ressaltando que *B. ruziziensis* apresenta relação C/N de 16,1, ou seja, menor relação C/N, potencializando a decomposição quando comparada as Brachiarias brizantha que apresentam em média relação C/N 25:1.

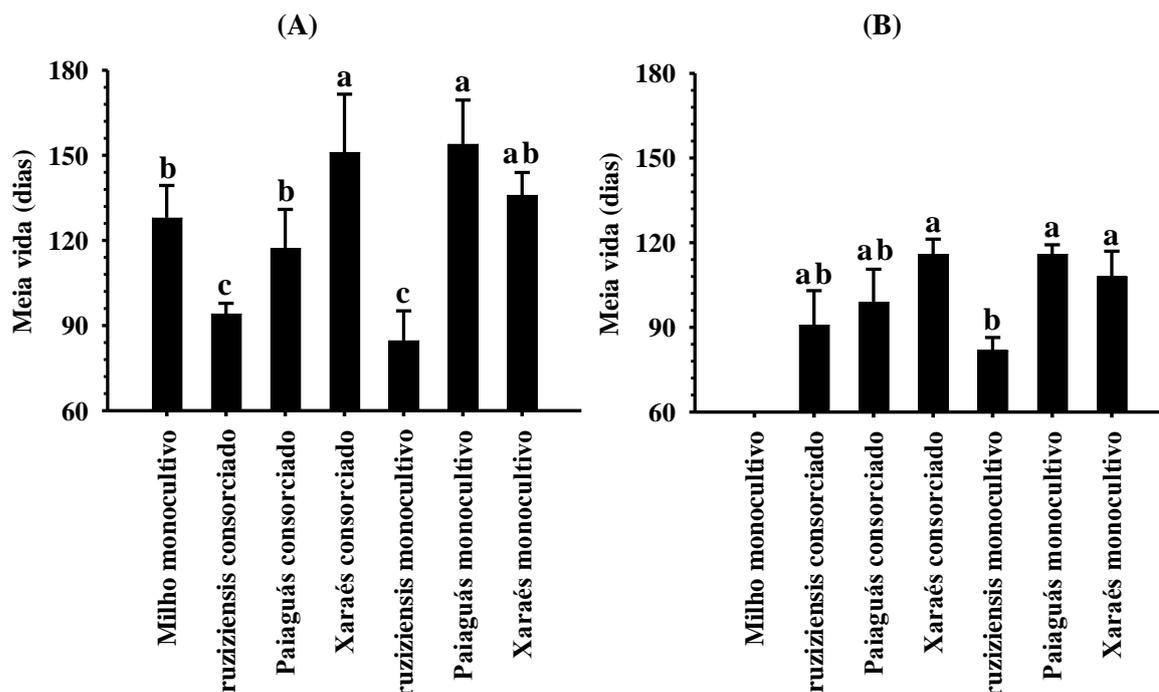


Figura 6. Tempo de meia-vida de biomassa de cobertura de *Brachiaria* e milho, no desdobramento em livre crescimento (A) e sob corte de simulação de pastejo (B) e cultivados em sistemas de integração agricultura-pecuária sob um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde, Goiás. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Para o milho, e de acordo com Callonego et al. (2012), a biomassa se decompõe lentamente e uniformemente ao longo do tempo e sua persistência se equipara a da braquiária, em decorrência da elevada relação C/N (43:1, constatada pelos autores). Em adição, ressalta que o fato da avaliação da decomposição da biomassa de cobertura ter se iniciado por ocasião da semeadura da soja (172 dias após a colheita dos grãos e deposição dos resíduos culturais sobre o solo) pode ter contribuído para decomposição semelhante à *B. ruziziensis*. Assume-se, portanto, a possibilidade de decomposição parcial da biomassa de cobertura da cultura antes do início da avaliação, notadamente as folhas e grãos não colhidos, e acúmulo residual de material lignificado, constituído principalmente por colmos e sabugos.

As diferenças entre a persistência da biomassa de cobertura dos sistemas forrageiros submetidos ao corte de simulação de pastejo foram mais discretos e seguiram a seguinte ordem: *B. ruziziensis* em monocultivo (82 dias) \leq *B. ruziziensis* consorciada (91 dias) = capim paiguás consorciado (99 dias) \leq capim xaraés em monocultivo (108 dias) = capim xaraés consorciado (116 dias) = capim paiguás em monocultivo (116 dias). Isto por que a rebrota dos capins produz mais folhas, material vegetal este menos lignificado e portanto, mais decomponível.

Ressalta-se, por fim, que o mesmo em regime de corte de simulação de pastejo, as espécies estudadas apresentam potencial satisfatório de cobertura de solo durante 120 dias (ciclo do cultivar de soja utilizado). Neste contexto o tempo de meia vida dos cultivares de *B. brizantha* foi maior devido a maior quantidade de biomassa produzida e morfologia sua morfologia cespitosa.

Considerando os aspectos da agricultura conservacionista aqui avaliados, espera que o desenvolvimento de culturas em sucessão se beneficiem da melhoria do ambiente edáfico promovido pelo cultivo prévio dos capins, notadamente a *B. brizantha*. Isto por que os cultivares desta espécie se destaca tanto para a produção agrícola como quando destinada ao pastejo dos animais, em relação ao potencial de descompactação biológica do solo (FLÁVIO NETO et al., 2015) e à alta produção de forragem na entressafra (MAIA et al., 2014).

No entanto, ao avaliar os atributos agronômicos da soja em sucessão, essa hipótese não foi confirmada. Não foram constatadas diferenças entre os sistemas forrageiros adotados, com altura média de plantas de 61,5 cm, 23,4 de cicatrizes por planta, 32,3 vagens planta⁻¹ e peso de 1000 grãos de 152,7 gramas, em todos os tratamentos (dados não apresentados em figuras). A produtividade de grãos (Figura 7), igualmente nos sistemas forrageiros, encontra-se acima da média brasileira de 2016/2017 (3,4 Mg ha⁻¹, de acordo com a Embrapa, 2018).

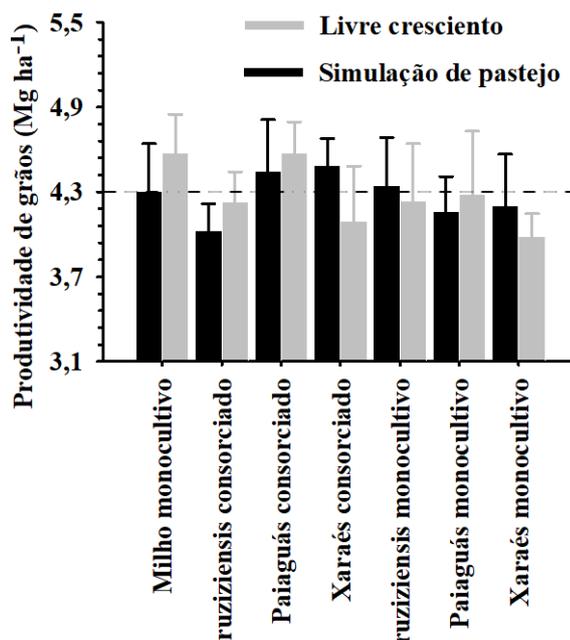


Figura 7. Produtividade de soja cultivada em diferentes sistemas de integração agricultura-pecuária sob um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde, Goiás. Médias seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Linhas tracejadas indicam a média e as barras verticais, o erro padrão da média.

O rendimento médio de grãos de soja foi de $4,3 \text{ Mg ha}^{-1}$, superiores aos encontrados por Bonetti et al. (2015), ao pesquisarem o sistema IAP em manejo de cultivo livre ($3,55 \text{ Mg ha}^{-1}$) e em pastejo ($3,67 \text{ Mg ha}^{-1}$) após a dessecação de braquiária. Se as condições climáticas durante a safra 2015/2016 foi caracterizada pelo forte veranico durante a etapa de implantação dos capins (TORINO et al., 2018), a safra de verão seguinte apresentou satisfatória distribuição pluviométrica (Figura 1), o que suprimiu, provavelmente, os efeitos da estrutura do solo (Figura 3), decomposição (Figura 5) e persistência (Figura 6) dos resíduos vegetais em superfície, no desenvolvimento da soja. Esta cultura é caracterizada pela alta plasticidade fenotípica (capacidade da planta em se adaptar a condições ambientais e de manejo) (COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES 1994; BALBINOT JUNIOR et al., 2016).

Os resultados obtidos corroboram com Krutzmann et al. (2013), que ao avaliarem a produtividade da soja em sistema de integração agricultura-pecuária e em sucessão as espécies aqui estudadas em Latossolo Vermelho Distroférico, concluíram que os componentes de rendimento da cultura da soja não foram influenciados pela cobertura vegetal sobre o solo provinda dos pastos. Garcia et al. (2014) e Franchini et al. (2015) também obtiveram resultados semelhantes.

Ademais, a semeadura mecanizada de culturas anuais promovem variação espacial das propriedades físicas do solo sob plantio direto, em que o mecanismo de abertura de sulco causa certa descompactação no sulco de semeadura (FERREIRA et al., 2016). Este fator, associado a adubação de plantio também no sulco de semeadura e a reposição hídrica contínua pela ocorrência das chuvas bem distribuídas podem ser os motivos que a cultura tenha apresentado estabilidade produtiva em todos os sistemas avaliados.

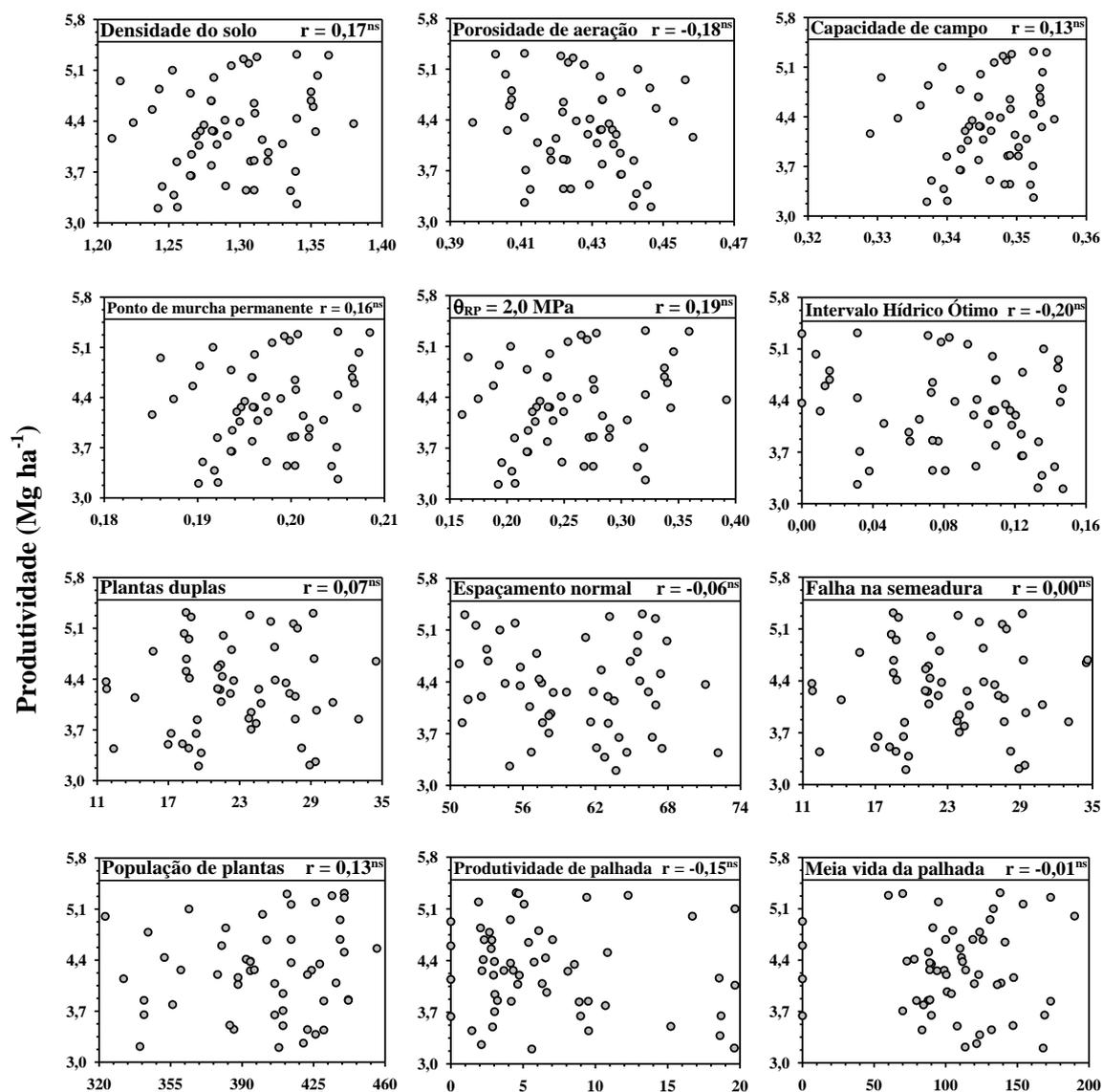
Em adição, Cecagno et al. (2016) contribuíram para o melhor entendimento sobre o desempenho da soja em sistemas de integração agricultura-pecuária. Avaliando o intervalo hídrico ótimo e produtividade da soja em plantio direto em experimento de longo prazo no sul do Brasil sob diferentes intensidades de pastejo (intensivo, moderado e sem pastejo), constataram que este indicador de qualidade física do solo é inadequado por não proporcionar relações diretas com a produtividade da soja e, ainda, que em condições normais de chuva, o rendimento da soja depende principalmente da quantidade e distribuição da chuva, e não da qualidade do solo.

Entretanto, nas condições experimentais avaliadas, todos os fatores estudados não apresentaram correlação direta com a produtividade da soja, e não somente o IHO (ou os seus limites críticos), apresentados na Figura 8. Os indicadores de agricultura conservacionista associados ao rendimento da soja neste estudo apresentaram dispersão dos pontos e correlação não significativa. A amplitude da produtividade de grãos (3,3 a 5,2 Mg ha⁻¹), por sua vez, refletiu o controle local por meio dos blocos experimentais.

Estes resultados corroboram aos observados por Balbinot Júnior et al. (2015b), em que a soja não teve seu crescimento limitado em solo com resistência à penetração superior a 2,0 MPa (valor utilizado na obtenção do IHO). Marasca et al. (2011), ao avaliarem a resistência do solo à penetração Latossolo Vermelho Distroférico sob sistema de plantio direto na cultura da soja, obtiveram valores variando entre de 2,9 a 4,3 MPa que, por sua vez, não influenciaram a produtividade da soja.

Ante ao exposto, é coerente realizar as seguintes considerações: - a plasticidade fenotípica na cultura da soja possibilita a adaptação às condições ambientais e de manejo, pela sua morfologia e aos fatores de produção, a fim de se adequar as condição imposta ao arranjo de plantas (RAMBO et al., 2003; LUDWIG et al., 2011; HOTZ et al., 2014; BALBINOT JÚNIOR et al., 2016) o que de fato foi observada pela produtividade obtida acima da média brasileira em 2016/2017; - Faz-se necessária a adequação dos teores limites de resistência do solo à penetração no intervalo hídrico

ótimo, uma vez as limitações em torno da aplicabilidade deste indicador de qualidade física possa estar mais associada ao engessamento dos teores-limite que definem a sua magnitude do que a falta de correlação fortuita com a produtividade vegetal e; faz-se necessária, também, quantificar a eficácia do processo de abertura do sulco de plantio como agente mitigador da compactação do solo para a produção da soja, buscando respostas na fisiologia da produção e na morfologia do sistema radicular desta cultura.



Valores estimados do parâmetro

Figura 8. Correlação de Pearson entre indicadores de agricultura conservacionista e produtividade da soja em um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Rio Verde, estado de Goiás, sob diferentes sistemas forrageiros e de manejo do solo.

Conforme atestado, a cultura da soja não respondeu às condições estruturais do solo em decorrência dos sistemas forrageiros adotados (ausência de correlação direta entre a produtividade de o IHO, tampouco a Ds). Entretanto, também não apresentou correlação com os atributos de plantabilidade, estante de plantas, produtividade de palhada e tempo de meia-vida (Figura 8). Ante o exposto, entende-se que as tentativas de relação causa e efeitos na cultura da soja pode não serem bem compreendidas e reiterando as afirmações de Cecagno et al., (2016), sobre a necessidade de evolução sobre a avaliação da ciência do solo em sistemas de produção agropecuário, devendo considerar não apenas os parâmetros do solo, mas também indicadores fisiológicos de modo representar a percepção da planta no sistema solo-planta-animal-maquina-atmosfera.

Em associação, os resultados demonstram o potencial de espécies do gênero *Brachiaria* como plantas de cobertura para a região do Cerrado em sistemas conservacionistas de produção agropecuária, destacando o capim-xaraés e paiaguás, pela alta produtividade de biomassa de cobertura, promoção da descompactação biológica do solo e, ainda, sem comprometer o arranjo populacional por ocasião da semeadura mecanizada as cultura sucessora. A maior cobertura do solo promovido por esses capins pode contribuir para disponibilidade hídrica do solo às plantas em anos de ocorrência de veranico, bem como para redução de perdas de solo por erosão, em decorrência de chuvas intensas.

Espera-se condições adversas, os aspectos conservacionistas aqui mencionados atuam na mitigação da compactação do solo, aumentando a segurança e a estabilidade da produção e, conseqüentemente, a sustentabilidade da atividade econômica. Considerando então que a adoção de sistemas forrageiros no período de entressafra vai além dos aspectos fitotécnicos, assumindo papel de destaque no desenvolvimento da agropecuária tropical.

3.4 CONCLUSÕES

As cultivares de *B. brizantha* cv. Xaraés e BRS Paiaguás são alternativas promissora para a agricultura conservacionista pela prestação dos serviços ambientais de descompactação biológica do solo e de alto potencial de produção de biomassa de cobertura para os cultivos subsequentes;

A plantabilidade da soja na biomassa de capins de *Brachiaria* não é afetada, desde que respeitado o tempo necessário para senescência e formação da cama de semeadura;

Nas condições de estudo, os aspectos de agricultura conservacionistas avaliados não afetaram o desenvolvimento agrônomico e a produtividade da soja, demonstrando a plasticidade da cultura em relação aos demais fatores de produção, notadamente à regular distribuição pluviométrica.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C. et al. A cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126, 2006.

AMADO, T.J.C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA: harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: FEBRAPDP, p.105 – 111, 2000.

ARATANI, R.G.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.677-687, 2009.

AZEVEDO, D.M.P.; SPEHAR, C.R. Decomposição da palhada de culturas para plantio no período de safrinha em solos de tabuleiros costeiros. **Comunicado Técnico 147**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; NEUMAIER, N.; FRANCHINI, J.C. Densidade de plantas na cultura da soja. Londrina: (**Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.364**) - CNPSo, 38 p. 2015a.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; NEUMAIER, N.; FRANCHINI, J.C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura influenciando o crescimento de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASE, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015b.

BARBOSA, S.; OLIVEIRA, G.C.; CARDUCCI, C.E.; MONTANO, S. B. Potencialidade de uso de zeólitas na atenuação do déficit hídrico em Latossolo do Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2357-2368, 2014.

BLAINSKI, E.; GONÇALVES, A.C.A.; TORMENA, C.A.; FOLEGATTI, M.V.; GUIMARÃES, R.M.L. Intervalo hídrico ótimo num Nitossolo Vermelho distroférico irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 273-281, 2009.

BLAKE, G.R. e HARTGE, K.H. Particle density. In: Methods of soil analysis. Part 1 e nd ed., Madison, **American Society of Agronomy**, p. 377 – 382, 1986.

BONETTI, J.A.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; SILVA, G.N. Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, 2015.

BRIGHENTI, A.M.; SOBRINHO, S.F.; ROCHA, W.S.D.; MARTINS, C.E.; DEMARTINI, D.; COSTA, T.R. Suscetibilidade diferencial de espécies de braquiária ao herbicida glifosato. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.10, p.1241-1246, 2011.

BUAINAIN, A.M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J.M. E NAVARRO, Z. O mundo rural no Brasil do século 21. A formação de um novo padrão agrário e agrícola. **Brasília, Embrapa/Instituto de Economia da Unicamp**. 1182 p., 2014.

BUSSCHER WJ. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. **American Society of Agricultural Engineers**. v. 33, p. 519-524, 1190.

CALONEGO, J.C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL C.A.C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com o cultivo de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, p. 2183-2190, 2011.

CARDUCCI, C.E.; OLIVEIRA, G.C.; OLIVEIRA, L.M.; BARBOSA, S.M.; SILVA, E.A. Retenção de água do solo sob sistema conservacionista de manejo com diferentes doses de gesso. *Revista de Ciências Agrárias: Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 58, n. 3, p. 284-291, 2015.

CARMO, E.L.; BRAZ, G.B.P.; SIMON, G.A.; SILVA, A.G.; ROCHA, A.G.C.. Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista Ciências. Agroveterinaria**, Lages, SC, Brasil, 2018.

CECAGNO, D.; COSTA, S.E.V.G.A; ANGHINONI, I; KUNRATH, T.R; MARTINS, A.P.; REICHERT, J.M.; GUBIANI, P.I.; BALERINI, F.; FINK, J.R.; CARVALHO, P.C.F. Least limiting water range and soybean yield in a long-term, no-till, integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Soil and Tillage Research**, v.156, p.54–62, 2016.

CHIODEROLI, C.A.; MELLO, L.M.M.; GRIGOLLI, P.J.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, J.O.R.; CESARIN, A.L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p. 37- 43, 2012.

CONSTANTIN, J. OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; INOUE, M.H.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G. Sistemas de manejo de plantas daninhas no desenvolvimento e na produtividade da soja. **Bragantia**, v. 68, n. 1, p. 125-135, 2009.

COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES. **How a soybean plant develops. Ames:** Iowa State University of Science and Technology, 20 p. 1994.

CORREIA, T.P.S.; PALUDO, V.; DE SOUZA, S.F.G.; BAILO, T.P.; SILVA, P.R.A. Distribuição de sementes de soja com tenologia Rampflow no disco horizontal, **4ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu 7 a 9 de Outubro de 2015**, Botucatu – São Paulo, Brasil. Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, Botucatu, 2015.

COSTA N.R, ANDREOTTI M, BUZZETTI S, LOPES K.S.M, SANTOS F.G, PARIZ C.M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 1223- 1233, 2014a.

COSTA; N.V.; PERES, E.J.L.; RITTER , L.; SILVA, P.V.O. Doses de glyphosate na dessecação de *Urochloa ruziziensis* antecedendo o plantio do milho. **Scientia Agraria**, v.13, n.2, p.117-125, 2014.

DE LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 181- 187, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Agência Embrapa de Informações Tecnológica. **Árvore do conhecimento: Solos Brasília: Parque Estação Biológica**, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 230 p, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003. **EMBRAPA Soja Sistema de Produção**, 1 ISSN ____ Versão eletrônica. 2003.

FERREIRA JUNIOR J.A; ESPINDOLA, D.M.C.G; GONÇALVES, D.A.R; LOPES, E.W. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba - MG. **FAZU em Revista**, v. 7, p. 13-21, 2010.

FERREIRA, C. J. B.; TORMENA, C. A. ; MOREIRA, W. H. ; Zotarelli, L. ; BETIOLI JUNIOR, E. ; ANGHINONI, G. . Sampling Position under No-Tillage System Affects the Results of Soil Physical Properties. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 40, p. e0150189, 2016.

FIDALSKI, J. Qualidade física de Latossolo Vermelho em sistema de integração lavoura-pecuária após cultivo de soja e pastejo em braquiária. **Revista: Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 50, n. 11, p. 1097-1104, 2015.

FLÁVIO NETO, J.; SEVERIANO, E.C.; COSTA, K.A.P.; GUIMARÃES JUNNYOR, W.S.; GONÇALVES, W.G.; ANDRADE, R.. Biological soil loosening by grasses from genus *Brachiaria* in croplivestock integration. **Revista Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, p. 375-383, 2015.

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.B.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G.S. & BARBOSA, R.A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1355-1365, 2008.

FRANCHINI, J.C., JUNIOR BALBINOT, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015.

GARCIA, C.M.P.; ANDREOTTI, M.; FILHO TEIXEIRA, M.C.M; LOPES, K.S.M.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, 2014.

GIANCOTTI, P.R.F. **Período de dessecação de *Brachiaria ruziziensis* e *B. brizantha* antecedendo o plantio direto do girassol**. Tese (Mestrado), Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 49p., 2012.

GIBBS, H. K.; RAUSCH, L.; MUNGER, J.; SCHELLY, I.; MORTON, D. C.; NOOJIPADY, P.; SOARES-FILHO, B.; BARRETO, P.; MICOL, L.; WALKER, N. F. Brazil's soy moratorium: supply-chain governance is needed to avoid deforestation. **Science**, v. 347, p. 377-378, 2015.

GRABLE, A.R.; SIEMER, E.G Effects of Bulk Density, Aggregate Size, and Soil Water Suction on Oxygen Diffusion, Redox Potentials, and Elongation of Corn Roots. **Soil Science Society of America Journal Abstract**. 1967.

GUIMARÃES JUNNYOR, W. S.; SEVERIANO, E. C.; SILVA, A. G.; GONÇALVES, W. G.; ANDRADE, R.; MARTINS, B. R. R.; COSTODIO, G. D. Sweet sorghum performance affected by soil compaction and sowing time as a second crop in the brazilian cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo (Online)**, v. 39, p. 1744-1754, 2015.

GUPTA, S.C.; SHARMA, P.P. e De FRANCHI, S.A. Compaction effects on soil structure. **Advances in Agronomy**, v. 42, p. 331-338, 1989.

HOTZ, V.; COUTO, R.F.; OLIVEIRA, D.G.; REIS, E.F. Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1371-1376, 2014.

JAKELAITIS, A.; DANIEL, T.A.D.; ALEXANDRINO, E.; SIMÕES, L.P.; SOUZA, K.V.; LUDTKE, J. Cultivares de milho e de gramíneas forrageiras sob monocultivo e consorciação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 380-387, 2010.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, F.C.L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

KLEIN, C.; KLEIN, V.A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. *Revista Monografias Ambientais - REMOA* v. 13, n. 5, p. 3915-3925, 2014.

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

KRÜMMELBEIN, J.; PETH, S.; HORN, R. Determination of pre-compression stress of a variously grazed steppe soil under static and cyclic loading. **Soil and Tillage Research**, v. 99, n.2, p.139-148, 2008.

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

LARREGUY, C.; CARRERA, A.L.; BERTILLER, M.B. Effects of long-term grazing disturbance on the belowground storage of organic carbon in the Patagonian Monte, Argentina. **Journal of Environmental Management**: v. 134, p. 47-55, 2014.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P.C.F.; DEDIEU, B. Integrated crop–livestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 4-8, 2014.

LIMA, L.B.; PETTER, F.A.; LEANDRO, W.M. Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande**, v. 19, n. 11, p.1064–1071, 2015.

LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C; LUCCA FILHO, O.A. ZABOT, L.; JAVER, A.; UHRY, D. População de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup Ready. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 305-313, 2011.

MACHADO, L.A.; VALLE, C.B.; Desempenho agrônômico de genótipos de capim-braquiária em sucessão à soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 11, p.1454-1462, 2011.

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

MAIA, G.A.; COSTA, K.A.P.; SEVERIANO, E.C.; EPIFANIO, P.S.; FLÁVIO NETO, J.; RIBEIRO, M.G.; FERNANDES, P.B., SILVA, J.F.; GONÇALVES, W.G. Yield and Chemical Composition of *Brachiaria* Forage Grasses in the Offseason after Corn Harvest. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 933-941, 2014.

MANTOVANI, E.C.; CRUZ, J.C.; OLIVEIRA, A.C. Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para semeadura de milho de alta densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 38-48, 2015.

MARASCA, I.; OLIVEIRA, C.A.; GUIMARAES, E.C.; CUNHA, J.P.A.R.; ASSIS, R.L.; PERIN, A.; MENEZES, L.A.S. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e teor de água em sistema de plantio direto, na cultura da soja. **Revista: Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 239-246. 2011.

NIDERA, Sementes. Catalogo de produtos: Soja. **NIDERA**. Disponível em: <<http://www.niderasementes.com.br/produtos.aspx?cat=23,31>>. Acesso em: 14 mai 2018.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, F.A.; ULIAN, N.A.; FURLAN, L.C.; MEIRELLES, P.R.L. & CAVASANO, F.A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2029-2037, 2011.

PAUL, E.A. e CLARK, F.E. **Soil Microbiology and Biochemistry**. San Diego, Academic Press. 1989.

PEDREIRA, B.C.; DIAS FILHO, M.B.; ANDRADED, C.M.S.; PEREIRA, D.H.; PINA, D.S.; CARNEVALLI, R.A.; COSTA, F.A.; COSTA, F.C.; FELIPE, F.L. Simpósio de Pecuária Integrada (1. : 2014 : Sinop, MT) Intensificação da produção animal em pastagens: **Anais...** editores técnicos, Bruno Carneiro e Pedreira ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa, p.294, 2014.

PEREIRA, P.A.A.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; SANTANA, C.A.M.; ALVES, E. The development of Brazilian agriculture: future technological challenges and opportunities. **Agriculture & Food Security**, v. 1, p. 1-12, 2012.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C; OLIVEIRA, I.P; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

RADA, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. **Food Policy**, v. 38, p. 146-155, 2013.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G.; Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas função do arranjo de plantas. **Revista Ciência Rural**, v. 33, n. 3, 2003.

RAUTA, E.A.P.; SEMENTES ATI, E.R.; GUIMARÃES, A.M. Estudo da influência da velocidade no tratamento de Imagens de distribuição de sementes. Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Informática/Ponta Grossa, PR. **Anais do XIX EAIC**, 2010.

REATTO, A.; PASSOS, R.F. O solo como fator de integração entre os componentes ambientais e a produção agropecuária. **Revista Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.9, p.11-19, 2016.

RIBON, A.A.; TAVARES FILHO, J. Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no norte do estado do Paraná. **Revista de Brasileira Ciência Solo**, v. 32, p. 1817-1825, 2008.

RICHARDS, L.A.; WEAVER, L.R. Fitten-atmosphere percentage as related to the permanent wilting percentage. **Soil Science**, v. 56, p. 331-339, 1943.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; RODRIGUES B.O.; FUENTES L.R.; FERREIRA, R.; Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-343, 2005.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C., Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, 2013.

SALTON, J.C.; MERCANTE, F.M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J.A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W.M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SANTOS, A.B.; CURI,N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CRUZ FILHO, A.B.; TEIXEIRA, W.G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.33, n.2, p. 183-189, 1998.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, K.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 5ª ed., Embrapa Solos, 2018.

SANTOS, L.P.; AVELAR, J.M.B.; SHIKIDA, P.F.A.; CARVALHO, M.A. Agronegócio brasileiro no comércio internacional. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39 n.1, 2016.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; COSTA, K. A. P.; CARDUCCI, C. E. Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 51, p. 193-202, 2013.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; COSTA, K.A.P.; SILVA, F.G.; FERREIRA FILHO, S.M. Structural changes in Latosols of the Cerrado Region: I – Relationships between soil physical properties and Least Limiting Water Range. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 773-782, 2011.

SILVA, A.P.; KAY, B.D. & PERFECT, E. Characterization of the least limiting waterrange. *Soil Science Society American Journal*, v. 58, p.1775-1781, 1994.

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; TORMENA, C.A.; IMHOFF, S. Least limiting water range 32: 180-186, 1968.of soils. In: LAL, R. (Org.). **Encyclopedia of Soil Science**, v. 1, p. 1026-1029, 2006.

SILVA, J.F.G.; SEVERIANO, E.C.; COSTA, K.A.P.; BENITES, V.M.; GUIMARÃES JÚNNYOR, W.S.; BENTO, J.C. Chemical and physical-hydric characterisation of a red Latosol after five years of management during the summer between-crop season. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1576-1586, 2014.

SMITH, L.B., WASSHAUSEN, D.C. & KLEIN, R.M. Gramíneas. In Flora ilustrada catarinense, parte 1. **Herbário Barbosa Rodrigues**, 1982.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature, Ecology e Evolution**, v. 1, 2017.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de análise de solo**. 3ª ed. Revista e ampliada. Embrapa, DF. 2017.

TIMOSSI, P.C.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

TOLLEFSON, J. The Global Farm. **Nature**, v. 466, p. 554-556, 2010.

TORINO, A.B.; SEVERIANO, E.C.; COSTA, K.A.P.; GONCALVES, W.G.; NASCIMENTO JUNIOR, L.F.; BRITO, M.F.; LIMA, J.D.P. Agronomic performance of intercropped maize and brachiaries in a compacted Latosol. **Scientia Agraria (UFPR. IMPRESSO)**, 2018, no prelo.

TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J. & COSTA, J.M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico em sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 211-219, 2007.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43:421-428, 2008.

TOURINO, M.C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 8., 1983, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRRJ, v. 2. p. 103-116. 1983.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, . 37, n. 8, p. 1071-1078, 2002.

VAN RAIJ, B. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 233 p.
VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARAES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistema de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

WIEDER, R.K.; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v.63, p.1636-1642, 1982.

ZARDO, L.; CASIMIRO, E.L.N. Plantabilidade de diferentes tecnologias de disco para semeadura sob duas velocidades. **Revista Cultivando o Saber**. ISSN 2175-2214 Edição Especial, p. 92 -101. 2016.