

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

**DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA DO SOLO E  
PRODUÇÃO DE PALHADAS DE *Brachiaria* EM SISTEMA  
DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA NO  
SUDOESTE GOIANO**

Autor: José Flávio Neto  
Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano

Rio Verde – GO  
julho – 2012

**DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA DO SOLO E  
PRODUÇÃO DE PALHADAS DE *Brachiaria* EM SISTEMA  
DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA NO  
SUDOESTE GOIANO**

Autor: José Flávio Neto

Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de concentração Ciências Agrárias.

Rio Verde – GO  
julho – 2012

Flávio Neto, José.

Descompactação biológica do solo e produção de palhadas de *Brachiaria* em sistema de Integração Agricultura-Pecuária no sudoeste goiano / José Flávio Neto. – 2012.

xiv, 45 f. : figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano;  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Kátia Aparecida Pinho da Costa.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, 2012.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, abreviaturas, siglas e tabelas.

1. *Brachiaria* – Recuperação. 2. Solo – Qualidade estrutural.  
3. Solo – Descompactação biológica. I. Título.

CDU: 633.2(817.3)

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

**DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA DO SOLO E  
PRODUÇÃO DE PALHADAS DE *Brachiaria* EM SISTEMA  
DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA NO  
SUDOESTE GOIANO**

Autor: José Flávio Neto  
Orientador: Dr. Eduardo da Costa Severiano

*TITULAÇÃO:* Mestre em Ciências Agrárias – Área de concentração Ciências Agrárias – Ciências Agrárias

APROVADA em 31 de julho de 2012.

Prof. Dr. Geraldo César de Oliveira  
*Avaliador externo*  
UFLA/MG

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Katia Aparecida de Pinho Costa  
*Avaliadora interna*  
IF Goiano/RV

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

A Deus,

Pai criador, fonte infinita de amor e sabedoria, por toda a proteção necessária para superar as dificuldades.

A minha família,

Meus pais Adonias Eliziar Bento e Afonsa Alves Bento (*in memoriam*), pelo amor, dedicação, incentivo e principalmente pelo devotamento aos estudos de seus filhos. Minha esposa Eliane e minha filha Cecília, pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis e pela renúncia ao lazer. A todos os meus familiares e de minha esposa, pelas palavras de incentivo e ânimo.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela proteção e por me dar força e coragem necessárias para superar as dificuldades.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, pela oportunidade de realização deste curso e especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, coordenação e docentes pela oportunidade de realização deste estudo.

À Coordenação de Pessoal de Nível Superior e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, pelo apoio financeiro à execução deste trabalho, por meio dos Editais CAPES 27/2010 - Pró-Equipamentos Institucional e Chamada Pública FAPEG 09/2010 – ProPós (Processo Número 201010267000906).

Ao meu orientador Professor Dr. Eduardo da Costa Severiano, pela dedicação, conhecimentos, sabedoria e confiança na conclusão deste trabalho.

À minha coorientadora Professora Kátia Aparecida Pinho da Costa, pelas valiosas sugestões e contribuições para o desenvolvimento e finalização.

Ao Professor Dr. Geraldo César de Oliveira, Membro da Banca Examinadora, pela renúncia de seus compromissos e familiares para avaliar e apresentar sugestões a este trabalho.

Aos Professores Adriano Jakelaitis, Anísio Correa da Rocha e Marconi Batista Teixeira, pelas sugestões na avaliação do projeto de dissertação.

Aos professores Márcio, João Fontes, José Milton, Adriano, Kátia Cylene, Fabiano, Alan, Tânia e Braz (FESURV), pela contribuição para a execução dos trabalhos de campo e laboratório. Também pelo mesmo motivo as empresas Matsuda, Agroverde e Sementes Moeda.

Aos meus amigos do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, José Fausto e Wainer, pelo auxílio, amizade, convívio e principalmente pela força naqueles momentos de dificuldades.

Ao colega José Carlos Bento, pelo auxílio na realização das análises das palhadas.

Às colegas de curso Patrícia Antônio, Patrícia Epifânio e Tainá, pelo ajuda e aos colegas e amigos do Laboratório de Física do Solo, Felipe, Luís Carlos, Denner, Renata, Marina, Gean, Wellington, Gabriel e Rângelis, que colaboraram de várias formas para que este trabalho fosse concluído, além da valiosa amizade.

Aos companheiros de trabalho Dalto, Sebastião, Durcinei, Paulo, Vera, Wenner, Gilda, Michel e João Francisco, pela ajuda e incentivo inestimáveis.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Enfim, agradeço à minha família, minha esposa Eliane e minha filha Cecília, pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis e pela renúncia ao lazer. Aos meus queridos pais, Adonias e Afonsa ( *in memoriam*), agradeço pelo amor, dedicação, incentivo e principalmente pelo devotamento aos estudos de seus filhos. Às minhas irmãs Selma e Marta, sobrinhas Renata e Ana Paula, pelas palavras de incentivo e auxílio. Muito obrigado a todos.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

JOSÉ FLÁVIO NETO, filho de Adonias Eliziar Bento e Afonsa Alves Bento, nasceu no dia 25 de abril de 1966, na cidade de Jataí, Goiás.

No ano mês de fevereiro de 1981, iniciou no curso de Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Rio Verde-GO, atual Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde, finalizando em dezembro de 1983.

Em março de 1984, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na atual Universidade de Rio Verde, Goiás, graduando em julho de 1988.

Deste ano até 1995, realizou atividades na agricultura e pecuária de leite em propriedade da família, quando ingressou no atual Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde.

Em agosto de 2010, iniciou no curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, no Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde, sob a orientação do Professor Dr. Eduardo da Costa Severiano, concluindo em 31 de julho de 2012.



## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS -----	viii
ÍNDICE DE FIGURAS -----	ix
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS -----	x
RESUMO -----	xii
ABSTRACT -----	xiv
INTRODUÇÃO GERAL-----	1
Degradação estrutural do solo -----	4
Qualidade da palhada em sistemas de integração agricultura-pecuária -----	6
Gênero <i>Brachiaria</i> -----	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	11
OBJETIVOS GERAIS -----	19
DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA DO SOLO E PRODUÇÃO DE PALHADAS DE <i>Brachiaria</i> EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA NO SUDOESTE GOIANO-----	20
MATERIAL E MÉTODOS -----	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	28
Intervalo Hídrico Ótimo no diagnóstico da descompactação biológica do solo--	28
Disponibilidade hídrica do solo para a cultura sucessora-----	32
Produção e concentração de nutrientes em palhadas de capins do gênero <i>Brachiaria</i> -----	36
CONCLUSÕES -----	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	43

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Caracterização física e química do Latossolo Vermelho Distroférico cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária, no município de Rio Verde, Goiás.....	22
Tabela 2. Complexo sortivo do Latossolo Vermelho Distroférico cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária por ocasião da semeadura da soja, no município de Rio Verde, Goiás.....	26
Tabela 3. Produção de massa seca de capins do Gênero <i>Brachiaria</i> em sistemas de integração agricultura-pecuária no município de Rio Verde, Goiás.....	32
Tabela 4. Intervalo hídrico ótimo, taxa de descompactação biológica do solo e análise da frequência de $\theta$ dentro dos limites do IHO ( $F_{dentro}$ ) durante o ciclo da soja, para sistemas de integração agricultura-pecuária utilizando capins do gênero <i>Brachiaria</i> em um Latossolo Vermelho distroférico, no município de Rio Verde, Goiás.....	34
Tabela 5. Produção de matéria seca (MS), acúmulo de macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e concentração de macronutrientes das palhadas de capins do Gênero <i>Brachiaria</i> e plantas invasoras.....	38
Tabela 6. Relação C/N, C/P e C/S das palhadas de capins do Gênero <i>Brachiaria</i> e plantas invasoras.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) (A) mensal e (B) diária durante o cultivo dos capins <i>Brachiaria</i> e o ciclo da cultura da soja, respectivamente, no município de Rio Verde, Goiás.....	27
Figura 2. Variação do conteúdo de água no solo ( $\theta$ ) com o incremento da Densidade do solo (Ds), nos limites críticos de capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ , -6 kPa), ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ , -1500 kPa), porosidade de aeração a 10% ( $\theta_{PA}$ ), e resistência do solo à penetração de 2,5 MPa ( $\theta_{RP}$ ), do Latossolo Vermelho Distroférico cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária, no município de Rio Verde, Goiás.....	29
Figura 3. Alterações no intervalo hídrico ótimo (IHO, $\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$ ) do Latossolo Vermelho Distroférico cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária no município de Rio Verde, Goiás, após os cortes das plantas forrageiras.....	30
Figura 4. Variação temporal do teor de água no solo durante o ciclo da cultura da soja, em relação aos limites críticos do Intervalo Hídrico Ótimo em um Latossolo Vermelho Distroférico sob sistemas de integração agricultura-pecuária. Ls: limite superior ( $\theta_{CC}$ , -6 kPa) e. Li: limite inferior ( $\theta_{PMP}$ , -1500 kPa ou $\theta_{RP}$ , 2,5 MPa) do IHO para o período de monitoramento.....	33

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACIONES E UNIDADES

$\theta$	----- conteúdo de água ( $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ )
$\theta_{CC}$	----- conteúdo de água na capacidade de campo a -6 kPa ( $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ )
$\theta_{PMP}$	----- conteúdo de água no ponto de murcha permanente a -1500 kPa ( $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ )
$\theta_{RP}$	----- conteúdo de água na resistência do solo à penetração a 2,5 MPa ( $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ )
$\theta_{PA}$	----- conteúdo de água na porosidade de aeração a 10% ( $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ )
$^{\circ}\text{C}$	----- graus Celsius
%	----- por cento
AMG	----- areia muito grossa
AG	----- areia grossa
AM	----- areia média
AF	----- areia fina
AMF	----- areia muito fina
Al	----- alumínio
Aw	----- verão chuvoso
B	----- boro
Ca	----- cálcio
$\text{CaCl}_2$	----- cloreto de cálcio
Cm	----- centímetro
$\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$	----- centímol de carga por decímetro cúbico
Co	----- cobalto
CRP	----- curva de resistência à penetração
Cu	----- cobre
Cv	----- cultivar
C/N	----- relação carbono:nitrogênio
C/P	----- relação carbono:fósforo
C/S	----- relação carbono:enxofre
$\text{dm}^{-3}$	----- decímetro cúbico
$\text{dm}^{-3}\cdot\text{dm}^{-3}$	----- decímetro cúbico por decímetro cúbico
Dp	----- densidade de partículas ( $\text{kg}\text{dm}^{-3}$ )
Ds	----- densidade do solo ( $\text{kg}\text{dm}^{-3}$ )
Dsc	----- densidade do solo crítica ( $\text{kg}\text{dm}^{-3}$ )
Fe	----- ferro
Fdentro	----- frequência de ocorrência $\theta$ dentro da amplitude do IHO
Fv	----- fase vegetativa

$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	-----	gramas por hectare
$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	-----	gramas por quilo
H	-----	hidrogênio
Ha	-----	hectare
H + Al	-----	hidrogênio mais alumínio
IAP	-----	integração agricultura-pecuária
kPa	-----	quilopascal
Ki	-----	relação molecular ( $\text{SiO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ )
Kr	-----	relação molecular $\text{SiO}_3: (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$
K	-----	potássio
Kg	-----	quilograma
Mg	-----	magnésio
<i>m</i>	-----	saturação por alumínio
m	-----	metro linear
$\text{m}^3$	-----	metro cúbico
mm	-----	milímetro
$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	-----	miligrama por decímetro cúbico
Mn	-----	manganês
$\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$	-----	megagrama por metro cúbico
Mo	-----	molibdênio
M.O.	-----	matéria orgânica
MS	-----	matéria seca
MPa	-----	megapascal
Na	-----	sódio
pH	-----	potencial de hidrogênio da solução do solo
plantas hectare <sup>-1</sup>	-----	plantas por hectare
P(Mel)	-----	fósforo Melich ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ )
P(resina)	-----	fósforo por resina ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ )
ppm	-----	partes por milhão
RP	-----	resistência do solo à penetração
Zn	-----	zinco

## RESUMO

FLÁVIO NETO, José. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, julho de 2012. Descompactação biológica do solo e produção de palhadas de *Brachiaria* em sistema de Integração Agricultura-Pecuária no sudoeste goiano. Orientador: Dr. Eduardo da Costa Severiano. Coorientadora: Dra Kátia Aparecida Pinho da Costa.

As plantas forrageiras são dotadas de sistema radicular agressivo e algumas possuem habilidade de penetrar em camadas compactadas de solo. Entretanto, as informações disponíveis na literatura são pontuais não discriminando aquelas com maior potencial de uso na integração agricultura-pecuária. O presente trabalho objetivou avaliar aspectos qualitativos e quantitativos do cultivo de espécies do gênero *Brachiaria* em sistema de integração agricultura-pecuária visando descompactação biológica de um Latossolo degradado fisicamente, proporcionando um ambiente favorável aos cultivos em sucessão, bem como a produção, acúmulo e concentração de nutrientes em palhadas desses capins após a dessecação. O estudo foi conduzido em duas safras. Primeiramente, 32 parcelas dispostas ao acaso em quatro blocos com os seguintes tratamentos: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. brizantha* cv. Xaraés, *B. brizantha* cv. Piatã, *B. brizantha* cv. MG-4, *B. decumbens*, *B. ruziziensis* – cultivadas em sistema de integração agricultura-pecuária em consórcio com milho; Plantas invasoras e solo sem cobertura. Após a colheita mecanizada do milho e durante o ciclo dos capins, foram realizadas amostragens de solo, das forragens e palhada, com a finalidade de quantificação da descompactação biológica do solo e da quantidade de forragem e palhada, respectivamente. A segunda parte do estudo consistiu no cultivo da soja,

acrescentando-se uma parcela a cada bloco, com plantio convencional como testemunha. Foram realizadas amostragens de solo e dos resíduos deixados sob o solo, com o intuito de verificar a eficiência de melhoria na qualidade física do solo, promovida pelo cultivo dos capins, quantidade e qualidade da palhada. Os resultados obtidos demonstraram que: o cultivo dos capins xaraés e piatã proporcionou maior descompactação do solo, sendo sugerido como estratégia de manejo na recuperação edáfica em sistemas de integração agricultura-pecuária; o cultivo desses capins na entressafra aumentou a disponibilidade hídrica à cultura da soja em sucessão; os capins do Gênero *Brachiaria* apresentam potencial de utilização como planta cobertura em áreas agrícolas de regiões tropicais, com destaque para o capim-xaraés, que apresentou elevada produção de resíduos e acúmulo de nutrientes, associado a valores de C/N, C/P e C/S desfavoráveis à decomposição.

**Palavras-chave:** recuperação de pastagens, qualidade estrutural do solo, intervalo hídrico ótimo, palhada, *Brachiaria*.

## ABSTRACT

FLÁVIO NETO, José. Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano - *Campus Rio Verde*, 2012, July. Biological decomposition of soil, dry matter of residues and production of straw by *Brachiaria* in the crop-livestock system in southwestern of Goiás State. Adviser: D. Sc. Eduardo da Costa Severiano. Co adviser: D. Sc. Kátia Aparecida de Pinho Costa.

The forage plants are endowed with aggressive root system and have some ability to penetrate compacted layers of soil. However, information available in the literature are not punctual not discriminating those with greatest potential for use in crop-livestock integration. This study aimed to assess qualitative and quantitative aspects of *Brachiaria* species system cultivation in crop-livestock integration aiming biological decomposition of a dystrophic soil physically degraded, providing a favorable environment for crops in succession, as well as the production, accumulation and concentration of nutrients in grass straws after desiccation. The study was conducted in two seasons. First, 32 plots arranged in four randomized blocks with the following treatments: *Brachiaria brizantha* Marandu, *B. brizantha* Xaraés, *B. brizantha* Piata, *B. brizantha* MG-4, *B. decumbens*, *B. ruziziensis* - reared in integrated crop-livestock intercropped with maize; Invasive plants and bare soil. After harvest and during the cycle of grasses, samples were taken from soil, straw and fodder, for quantification of biological soil decomposition the quantity of fodder and straw, respectively. The second part of the study consisted of soybean cultivation, adding a portion to each block, with conventional tillage as a control. Two samplings of soil and orts left on the ground, in



order to verify the efficiency improvement in the soil physical quality promoted the cultivation of grasses, straw quantity and quality. The results showed that: the cultivation of grasses Piata and xaraés provided greater soil decompaction, being suggested as a management strategy in edaphic recovery in integrated crop-livestock, cultivation of these grasses in the fallow increased water availability to soybean in succession, the *Brachiaria* grasses have potential for use as plant cover in agricultural areas of the tropics, especially the xaraés grass, which showed high production of waste and nutrient accumulation, associated with values of C / N, C / P and C / S unfavorable to decomposition.

**Key words:** recovery of pasture, soil structural quality, least limiting water range, litter, *Brachiaria*.

## INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária brasileira, em decorrência da extensão territorial e das condições climáticas favoráveis, apresenta enorme potencial produtivo a pasto. Somente na região dos cerrados, tem aproximadamente 49,5 milhões de hectares de pastagens cultivadas, correspondendo a aproximadamente 27% da área recoberta por esse bioma (Sano et al., 2008).

Esta região é responsável por cerca de 50% da produção de carne do país. Contudo, os sistemas mais utilizados para pastejo continuam sendo aqueles extensivos em regime extrativista, sem a devida atenção ao manejo animal e manutenção da fertilidade do solo, levando à degradação das pastagens (Costa et al., 2009).

Esse fato é considerado um dos maiores problemas da pecuária brasileira. Estima-se que 80% das áreas de pastagens da região dos cerrados se encontram em algum estágio de degradação (Martha Júnior & Vilela, 2002). Nessas condições, a pastagem é caracterizada por estar em processo evolutivo de perda de vigor sem possibilidade de recuperação natural, tornando-a incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de patógenos. Persistindo esse processo, poderá haver prejuízos ao desempenho animal, além da degradação do solo e dos recursos naturais (Peron & Evangelista, 2004).

Associado ao processo de degradação das pastagens, tem-se a degradação física do solo, decorrente da sua compactação. Esse processo é caracterizado pela redução do espaço poroso do solo quando submetido ao pisoteio animal (Lanzanova et al., 2007) e ao tráfego de máquinas agrícolas em condições desfavoráveis em termos de conteúdo de água (Gupta et al., 1989; Giarola et al., 2007; Lima et al., 2012). A compactação do solo pode ser considerada um dos fatores primordiais de degradação de sua estrutura (Mosaddeghi et al., 2007), trazendo como consequência, a queda ainda

mais acentuada de produtividade e longevidade das pastagens (Imhoff et al., 2000), além do aumento dos processos erosivos (Oliveira et al., 2004; Krümmelbein et al., 2008).

Por esse motivo, a recuperação das pastagens e da qualidade física do solo, que se caracterizam como o processo inverso da degradação, além do aumento da competitividade da atividade agropecuária, assume importância de contexto ambiental. No entanto, em razão dos grandes investimentos necessários na recuperação dessas pastagens, tem-se buscado diversas técnicas visando à amortização dos custos operacionais e a maior sustentabilidade do processo (Costa et al., 2010; Severiano et al., 2010).

A integração agricultura-pecuária é utilizada na formação, renovação e principalmente na recuperação das pastagens, consistindo na exploração de uma mesma área com finalidade de produção de grãos e pecuária, obtenção da melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além de formação de palhada para o sistema de plantio direto (Petter et al., 2011). Com estes propósitos se otimiza ainda o uso dos recursos naturais, proporcionando ganhos mútuos ao produtor.

Nesse sistema de cultivo, pode ocorrer melhoria da estrutura do solo pelas forrageiras, constituindo assim, uma alternativa para o controle da compactação e da qualidade física do solo (Gonçalves et al., 2006; Magalhães et al., 2009). O uso de plantas que atuam neste sentido, portanto, pode ser considerado uma importante estratégia de manejo em sistemas intensivos de produção (Jimenez et al., 2008), sendo a alta densidade e a periódica renovação das raízes alguns dos fundamentos para a qualidade e sustentabilidade da produção (Silva & Mielniczuk, 1997).

Do ponto de vista físico, a melhoria da qualidade do solo promovida pelas plantas, através da sua descompactação, ao contrário do que acontece com os implementos agrícolas, ocorre de maneira uniforme em toda camada explorada pelo sistema radicular, condicionando o solo para o adequado desenvolvimento das plantas (Camargo & Alleoni, 1997).

Salienta-se ainda, que o uso de plantas que contribuem para a melhoria do solo possibilita a formação de bioporos com ampla variação de tamanho, que funcionam como rotas alternativas para o crescimento das raízes, infiltração de água e difusão de gases no solo (Müller et al., 2001). Assim, o desenvolvimento das plantas em interação com o pisoteio animal podem amenizar os efeitos deletérios causados à estrutura do solo (Guimarães et al., 2009; Chioderoli et al., 2012).

O uso de forrageiras descompactadoras do solo na integração agricultura-pecuária passa a ser uma alternativa promissora para melhoria da qualidade estrutural do solo em sistemas intensivos de produção agrícola, cujo tráfego de máquinas para a realização dos tratos culturais é intenso (Severiano et al., 2011b). Embora seja conhecido que algumas plantas possuem habilidade em penetrar mais facilmente nas camadas do solo compactadas (Gonçalves et al., 2006; Jimenez et al., 2008; Severiano et al., 2010, Lima et al., 2012), pouco se conhece do potencial de descompactação do solo promovido por espécies e por cultivares dentro das espécies do gênero *Brachiaria*.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### **Degradação estrutural do solo**

A produção agrícola empresarial no Brasil, baseada na adoção de tecnologia específica é relativamente recente e têm sido responsável pelo grande incremento da economia do país. Entretanto, tem-se observado uma intensa movimentação de máquinas e equipamentos nas lavouras em todas as etapas do processo produtivo (Cardoso et al., 2008), muitas vezes em condições inadequadas de umidade, trazendo consequências negativas às atividades antrópicas e ao meio ambiente (Oliveira et al., 2004).

Esse fato, em muitos casos negligenciados pelos agricultores, tem preocupado a comunidade científica por causa do aumento das áreas agrícolas com problemas de compactação (Dias Júnior, 2000; Severiano et al., 2008), principalmente quando se considera como um dos fatores primordiais de degradação de sua estrutura (Mosaddeghi et al., 2007). Por sua vez, esta é decorrente da compressão do solo não saturado quando submetido a uma pressão externa (Gupta et al., 1989), tendo como consequência a redução da capacidade produtiva (Reichert et al., 2009) e o aumento dos processos erosivos (Krümmelbein et al., 2008).

Em sistemas de integração agricultura-pecuária, por ocasião do pastejo, têm-se no pisoteio animal em toda superfície e dependendo do hábito de crescimento da planta forrageira, uma causa adicional de compactação, particularmente na camada superficial do solo (Leão et al., 2004; Souza et al., 2005; Marchão et al., 2007; Oliveira et al., 2007; Pereira et al., 2010). Muitos agricultores relutam em adotar esse sistema em razão dos possíveis efeitos negativos do pisoteio sobre atributos do solo (Flores et al., 2007; Bavo et al., 2010), principalmente quando se considera que os animais exercem

pressões no solo até superiores àquelas aplicadas pelos maquinários agrícolas, na ordem de 350 a 400 kPa (Betteridge et al., 1999; Nie et al., 2001), podendo ainda dobrar quando em movimento, ao ficar apoiados ao solo com apenas duas patas (Pires et al., 2012).

A produtividade da pastagem e, conseqüentemente a sua capacidade de suporte animal, bem como o desenvolvimento da cultura sucessora pode sofrer redução em virtude da compactação do solo. Segundo Blainski et al. (2008), a resistência do solo à penetração (RP) nas áreas degradadas é a propriedade física do solo que mais restringe o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas, sendo afetada constantemente pela relação entre a densidade do solo ( $D_s$ ) e o conteúdo de água do solo ( $\theta$ ) (Silva et al., 1994; Tormena et al., 1999).

Em adição a RP, a aeração e a disponibilidade de água alteram diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas (Lima et al., 2012). Para que estas propriedades físicas do solo estejam reunidas e integradas em um mesmo indicador proporcionando uma medida mais sensível às alterações estruturais, Silva et al. (1994) propuseram, baseados em conceitos de Letey (1985), o Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) expressado pela variação de  $\theta$  em relação à  $D_s$ .

O IHO indica através da redução na sua amplitude, que as culturas estão cada vez mais sujeitas às condições de estresses físicos por causa das alterações nas propriedades físicas do solo, sendo esse o indicador biofísico do solo que melhor se correlaciona à produção vegetal (Tormena et al., 2007).

As medidas de  $\theta$  ao longo do ciclo da cultura podem ocorrer fora da amplitude definida pelo IHO, ou dentro dele, caracterizando assim a frequência (F) de ocorrência de estresses físico-hídricos associados à reduzida taxa de difusão de gases, baixos conteúdos de água ou à excessiva RP (Silva & Kay, 1997; Bengough et al., 2006).

Nesse contexto, sugere-se a adoção de sistemas de manejo que proporcionem aumento do IHO por meio da melhoria estrutural do solo, elevando as ocorrências de F dentro da amplitude dos limites críticos do IHO ( $F_{dentro}$ ). Se associado à presença de resíduos culturais sobre a superfície do solo, a exemplo da integração agricultura-pecuária, têm-se também uma redução nas perdas água por evaporação, em razão da menor oscilação da temperatura do solo (Panachuki et al., 2011), proporcionando conteúdos de água dentro dos limites mais frequentes se comparados com superfícies descobertas (Peres et al., 2010; Blainski et al., 2012), resultando em menores restrições físico-hídricas às plantas.

## Qualidade da palhada em sistemas de integração agricultura-pecuária

Nos últimos anos, a integração agricultura-pecuária utilizando forrageiras do gênero *Brachiaria* é adotada de forma crescente na região dos cerrados (Kluthcouski & Aidar, 2003; Pacheco et al., 2008), principalmente em função dos estudos demonstrarem a viabilidade do consórcio entre a cultura anual e as diversas espécies desse gênero (Cunha et al., 2007; Calonego et al., 2011; Pacheco et al., 2011; Chioderoli et al., 2012).

Estas forrageiras apresentam alta relação Carbono/Nitrogênio (C/N), possibilitando a longevidade da cobertura do solo (Jakelaitis et al., 2004), necessária em regiões que a decomposição é acelerada pelas altas temperaturas aliadas às altas umidades proporcionadas pelo grande volume de chuvas, sendo necessária a adoção de espécies que produzem quantidades de matéria seca suficientes para obter cobertura do solo durante toda a safra agrícola (Kliemann et al., 2006).

Manter o solo permanentemente coberto, portanto, é um dos grandes desafios para o estabelecimento pleno do sistema de plantio direto em regiões tropicais (Ceccon, 2007). Além do aspecto quantidade, alguns esforços são direcionados à avaliação da qualidade da fitomassa proveniente das mais diversas espécies. A capacidade de ciclagem de nutrientes, principalmente de camadas mais profundas, aliada à dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes para a cultura comercial têm sido exploradas (Teixeira et al., 2009).

Dessa forma, faz-se necessário a utilização de indicadores que possam avaliar a qualidade de determinadas plantas forrageiras. Entre as principais características destas forrageiras se destacam: rusticidade, capacidade de perfilhamento, resistência a pragas e doenças, rapidez na formação da cobertura do solo, elevada produção de biomassa, tolerância à seca em vista do sistema radicular bem desenvolvido, eficiência na reciclagem de nutrientes, longevidade dos resíduos em função da alta relação C/ N (> 30) e o elevado efeito alelopático sobre muitas invasoras (Wieder & Lang 1982; Paul & Clark, 1996; Valle et al., 2009). Estes fatores estão presentes na maioria das vezes, nos capins do gênero *Brachiaria* (Portes et al., 2000).

Avaliando o comportamento das gramíneas: sorgo, capim-mombaça, milheto, braquiaria (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e das leguminosas: estilosantes e guandu como espécies de cobertura, em relação às taxas de decomposição dos resíduos,

Kliemann et al. (2006) encontraram produção e persistência do capim-marandu superior às quantidades requeridas para que se obtenha uma eficiente proteção do solo (em torno de 12.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em áreas agrícolas de regiões tropicais, conforme estimado por Bayer, 1996) em relação as demais plantas avaliadas, o que se deve a sua alta relação C/N nos resíduos. Resultados semelhantes foram obtidos por Timossi et al. (2007) na formação de palhadas por *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* para adoção do sistema plantio direto. Já Pacheco et al. (2008) demonstraram o potencial para produção de palhada durante a entressafra na região dos cerrados com o uso da sobressemeadura das espécies de *B. brizantha*, *B. decumbens* e *B. ruziziensis*.

### **Gênero *Brachiaria***

A atividade pecuária no Brasil se baseia no uso de pastagem como recurso alimentar e vem sofrendo mudanças significativas nos últimos anos, principalmente em virtude da competitividade existente no setor. Com o incremento da eficiência e da demanda, além da geração e da difusão de novas tecnologias, o conhecimento dos fatores que afetam a produtividade das pastagens é indispensável em sistemas de produção animal que buscam a máxima eficiência e lucratividade (Magalhães et al., 2009).

Diante da grande importância no contexto técnico-econômico dos sistemas de produção animal em pastagens, a planta forrageira tropical é cada vez mais detalhada e estudada. Considerando que os fatores do meio conferem respostas muito variáveis em termos de produtividade e qualidade da pastagem, o entendimento dos fatores edafoclimáticos resulta em práticas de manejo racional, tornando os sistemas de produção animal a pasto mais competitivo e sustentável (Carvalho et al., 2000).

Nesse contexto, o gênero *Brachiaria* se destaca como sendo a principal forrageira cultivada, ocupando posição de destaque na pecuária brasileira. Estima-se que, no Brasil, cerca de 200 milhões de hectares de pastagens são cultivados somente com plantas desse gênero (Bonfim-da-Silva, 2006), que corresponde a aproximadamente 85% das áreas de pastagem cultivadas no país (Macedo, 2005). Em sistemas agrícolas de baixo carbono, como no sistema plantio direto e integração agricultura-pecuária, a consorciação com espécies de *Brachiaria* tem sido difundida para serem implantadas durante a safrinha, em razão do crescimento inicial lento reduzir a competição com a cultura principal (Pacheco et al., 2011).



Visando a sustentabilidade agropecuária com alta produtividade dos componentes planta e animal e acima de tudo, respeitando os limites morfológicos e estruturais da pastagem, surge a cada dia, novos cultivares de *Brachiaria* que possam atender às exigências dos diferentes sistemas de produção e promover maior diversificação das gramíneas forrageiras, para atender a demanda da produção animal a pasto (Costa et al., 2011).

Nesse sentido, estimativas mostram que o capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu), lançado pela Embrapa em 1984 e também conhecido como “brizantão” ou “braquiarão”, é uma das principais espécies forrageiras utilizadas na região centro-oeste do Brasil, pela sua boa produtividade e qualidade da forragem, rápido estabelecimento, boa cobertura de solos e capacidade de competição com plantas daninhas, chegando a 50% da área cultivada na região Centro-Oeste (Macedo, 2006), e aproximadamente 65% na região Norte (Dias Filho & Andrade, 2005).

Essa cultivar teve sua origem em uma região vulcânica da África, onde os solos geralmente apresentam boa fertilidade (Bogdan, 1977). Trata-se de uma planta robusta e com forte afilamento, folhas largas e longas, tendo ainda elevada produção de raízes (Razuk, 2002). É uma planta forrageira recomendada como alternativa para solos da região dos cerrados de média a boa fertilidade, em face de alta produção de forragem, persistência, boa capacidade de rebrota, resistência ao ataque de cigarrinhas.

Possui vasta adaptação climática, desenvolvendo desde o nível do mar até a 3.000 m de altitude e em precipitação pluviométrica anual variando entre 800 a 1.200 mm. Apresenta alta resistência à seca, boa tolerância ao sombreamento, ao fogo e ao frio, contudo não tolera solos encharcados (Souza Filho, 1994). Cresce sob temperaturas que variam de 30 a 35 °C e mínima de 15°C (Sherman & Riveros, 1990) e apresenta potencial de produção que chega a 18 toneladas de matéria seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com até 11% de proteína (EMBRAPA, 1985). A forragem sofre variações na produção e composição, por causa das alterações sazonais das condições ambientais (Gerdes et al., 2000).

O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Xaraés) foi coletado na região de Cibitoke, no Burundi, África, entre 1984 e 1985 e liberado pela Embrapa Gado de Corte em 2003. É indicada para solos de média fertilidade, podendo produzir até 21 toneladas de matéria seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Segundo Flores et al. (2008) possui vantagens em relação aos outros cultivares de *Brachiaria*, como maior velocidade de rebrota, garantindo mais alta capacidade de suporte e maior produtividade por área. Contudo,

para atingir essa produção é necessário manter o manejo adequado, associado aos níveis de fertilidade do solo (Costa et al., 2009).

É uma planta cespitosa, de altura média de 1,5 m, colmos verdes de 6 mm de diâmetro e pouco ramificados. Apresenta porte ereto (crescimento em touceiras), com colmos finos com nós que se enraízam ao contato com o solo, gerando novas plantas (Embrapa, 2004). A bainha apresenta pelos claros, rijos, ralos, mas densos apenas nos bordos; lâmina foliar de coloração verde-escura, com até 64 cm de comprimento e 3 cm de largura, com pilosidade curta na face superior, e bordos ásperos (cortantes). A inflorescência é racemosa, com 40 ou 50 cm de comprimento, tem eixo de 14 cm de comprimento, com sete ramos (rácemos) quase horizontais, com pelos nas ramificações, apresentando florescimento tardio.

É indicada para as regiões de clima tropical de cerrados (mais de 800 mm de chuvas por ano), com até cinco meses de estação seca e para regiões de clima tropical úmido, podendo ser cultivado em todos os estados da região centro-oeste e sudeste, além do oeste baiano e da área de Mata Atlântica desse estado, mas com restrições na Amazônia legal (norte de Mato Grosso, Tocantins, Rondônia, Acre e sul do Pará) (Embrapa, 2004).

O capim-piatã (*Brachiaria brizantha* Höchst Stapf cv. BRS Piatã), lançado em 2006 como opção para diversificação de pastagens, é a primeira cultivar de forrageira protegida da Embrapa e foi selecionada na Embrapa Gado de Corte após 16 anos de avaliações em materiais coletados na década de 1980 na região de Welega, no país da Etiópia, no Continente Africano. Conta com a parceria da Unipasto (Associação para o fomento à pesquisa de melhoramento de forrageiras tropicais) para divulgação, comércio e pesquisa desta nova cultivar (Embrapa, 2008).

Assemelha-se às cultivares Xaraés e Marandu, destacando, porém, pela maior precocidade, moderada resistência à cigarrinha, colmos mais finos e menor sensibilidade aos solos mal drenados. É uma planta de porte médio, com altura entre 0,80 m e 1,10 m, sem pelos nas folhas e seus colmos são finos e verdes. Sua lâmina foliar é glabra e o colmo apresenta poucos pelos claros. É apropriada para solos de média fertilidade e se destacando também pelo elevado valor nutritivo e rápido crescimento e rebrota (Malves, 2012).

Em função de seu florescimento ocorrer nos meses de janeiro e fevereiro, que a diferencia das demais cultivares (Valle et al., 2004), pode ser recomendada para utilização em sistemas de integração agricultura-pecuária, uma vez que nessa época do

ano a área estará ocupada com a cultura agrícola, conferindo a máxima qualidade nutricional ao capim na fase de pastejo, além de fácil dessecação, arquitetura da planta e acúmulo de forragem no período seco.

A cultivar MG-4 é resultado de seleção realizada pela empresa Matsuda, teve como objetivo o desenvolvimento de uma cultivar de *B. brizantha* para solos ácidos, arenosos e de menor fertilidade, sendo lançada comercialmente em 1994 (Matsuda, 2004). Apresenta touceira vigorosa, com altura de 1,0 a 1,5m, rizomas horizontais curtos, duros e curvos. Produz grande quantidade de raízes profundas, talos vigorosos, eretos ou semieretos, com escassa ramificação e de cor verde forte. Os nós apresentam pouco enraizamento e as folhas são geralmente mais curtas que os entrenós (Oliveira Júnior, 2006).

A *Brachiaria decumbens* popularmente conhecida como capim-braquiária, que é originária da África e tem sido amplamente disseminada pelas regiões tropicais do mundo, apresenta grande disseminação nas regiões Norte, Centro e Centro-Sul. Sua importância econômica se destaca como forrageira perene que apresenta boa produção de massa seca, resistência ao pastejo intensivo e ao pisoteio e proteção do solo contra a erosão (Kissmann, 1991).

Trata-se de uma espécie com qualidade nutricional inferior às cultivares de *B. brizantha*, com disseminação pelas regiões tropicais do mundo em sistemas de produção de baixo nível tecnológico (Costa & Rehman, 1999). No Brasil, predomina a cultivar Basilisk, proveniente da Austrália (Alcântara, 1987), destacando por apresentar excelente adaptação a solos de baixa fertilidade, fácil estabelecimento, considerável produção de biomassa durante o ano, agressividade e resistência.

A *Brachiaria ruziziensis*, também originária da África, é considerada por muitos produtores brasileiros como a cobertura vegetal mais adequada para o sistema plantio direto. Esta espécie é perene, ereta, denso-pubescente, de 0,9 - 1,3 m de altura, apresentando crescimento prostrado, com menor entouceiramento, que facilita a dessecação por ocasião da formação da palhada e favorece o desempenho da semeadura mecanizada. É altamente sensível ao herbicida glyphosate e apresenta alta relação C/N, garantindo a presença da cobertura por um longo período (Giancotti, 2012).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, P.B. Origem das braquiárias e suas características morfológicas de interesse forrageiro. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO DOS CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, Nova Odessa, 1986. Anais. Instituto de Zootecnia, 1987. p.1-14.

BAVOSO, M.A.; GIAROLA, N.F.B.; TORMENA, C.A. & PAULETTI, V. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.227-234, 2010.

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo do solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p.(Tese de Doutorado).

BENGOUGH, A.G.; BRANSBY, M.F.; HANS, J.; McKENNA, S.J.; ROBERTS, T.J. & VALENTINE, T.A. Root responses to soil physical conditions: Growth dynamics from field to cell. Journal of Experimental Botany, v.57, p.437-447, 2006.

BETTERIDGE, K.; MACKAY, A.D.; SHEPHERD, T.G.; BARKER, D.J.; BUDDING, P.J.; DEVANTIER, B.P. & COSTALL, D.A. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. Australian Journal of Soil Research, v.37, p.743-760, 1999.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C.A.; GUIMARÃES, R.M.L. & NANNI, M.R. Qualidade Física de um Latossolo Sob Plantio Direto Influenciada pela Cobertura do Solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36:79-87, 2012

BLAINSKI, E.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. & GUIMARÃES, R.M.L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.975-983, 2008.

BOGDAN, A.V. Tropical pastures and fodder plants. Londres: Longman,1977. 475p.

BONFIM-DA-SILVA, E.M. Nitrogênio e enxofre na recuperação de capim-braquiária em degradação em neossolo quartzarênico com expressiva matéria orgânica. 2005. 123p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

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

CAMARGO, O.A. & ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997. 132p.

CARDOSO V.M.F; LANÇAS, K.P. & SILVA, R.B. Sustentabilidade estrutural de um solo na região do Alto Paranapanema/SP, submetido a dois sistemas de cultivo. Energia na Agricultura, Botucatu. v.23, n.3, p.108-142, 2008.

CARVALHO, C.A.B.; SILVA, S.C. & SBRISSIA, A.F. Demografia de perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim “tifton 85” sob pastejo. Scientia Agrícola, v.57, n.4, p.591-600. 2000.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. R. Plantio Direto, v.17, p.17-20, 2007.

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, n.1, p.37-43, 2012.

COSTA, F.P. & REHMAN, T. Exploring the link between farmer’s objectives and the phenomenon of pasture degradation in the beef production systems of Central Brazil. Agricultural Systems. v.61, n.2, p.135-146, 1999.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; SEVERIANO, E.C & OLIVEIRA, M.A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. Ciência Animal Brasileira, v.10, p.125-133, 2009.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; SEVERIANO, E.C.; SAMPAIO, F.M.T. & CARRIJO, M.S.; RODRIGUES, C.R. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. Ciência Animal Brasileira. v.11, n.2, p.307-314, 2010.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.O.; FAQUIN, V.; SEVERIANO, E. C ; GUIMARÃES, K. C.; MORAES, J. F. ; BENTO, J.C. Adubação nitrogenada e potássica na produção de massa seca e composição bromatológica do capim-xaraés. Global Science and Technology, v.04, p.51-60, 2011.

CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E. & MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, 2005.

CUNHA, E.Q.; BALBINO, L.C.; STONE, L.F.; LEANDRO, W.M. & OLIVEIRA, G.C. Influência de rotações de culturas nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho em plantio direto. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.3, p.665-674, 2007.

DIAS FILHO, M.B. & ANDRADE, C.M.S. Pastagens no ecossistema trópico úmido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: SBZ, 2005. p.94-104.

DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V. & SCAEFER, C.E.G.C. Tópicos em ciência do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG. v.1, p.55-94, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (Campo Grande). O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação das pastagens de braquiária. Campo Grande, MS: EMBRAPA – CNPGC, 2004. Documentos 149. 36p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (Campo Grande). *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Campo Grande, MS: EMBRAPA – CNPGC, 1985. Folder.

FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.F.; LEITE, J.G.B. & FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.771-780, 2007.

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.

GERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; POSSENTI, R. A. & SCHAMMASS, L. A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia nas estações do ano. Revista Brasileira de Zootecnia. v.29, n.4, p.955-963, 2000.

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

GIAROLA, N. F. B., TORMENA, C. A. & DUTRA, A. C. Degradação física de um latossolo vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.863-873, 2007.

GONÇALVES, W. G.; JIMENEZ, R. L.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P. & PIRES, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal. v.26, n.1, p.67-75, 2006.

GUIMARÃES, R.M.L.; TORMENA, C.A.; ALVES, S.J.; FIDALSK, J. & BLAINSK, É. Tensile strength, friability and organic carbon in an oxisol under a crop-livestock system. Scientia Agrícola, v.66, n.4, p.499-505, 2009.

GUPTA, S.C.; HADAS, A. & SCHAFER, R.L. Modeling soil mechanical behavior during compactation. In: LARSON, W.E.; BLAKE, G.R.; ALLMARRAS, R.R.; VOORHEES, W.B. & GUPTA, S.C. (ED.) Mechanical and relatec process in structured agricultural soils. The Netherlands: Kluwer academic, p. 137-152, 1989.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. & TORMENA, C. A. Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.F.; & FREITAS, F.C.L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). Planta Daninha, Viçosa-MG, v.22, n.4, p. 553-560, 2004.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V. ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. & SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.2, p.116–121, 2008.

KISSMANN, K.G. Plantas infestantes e nocivas. São Paulo: Basf Brasileira, 1991. Tomo 1, 608p.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição 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.; AIDAR, H. & STONE, L.F. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.407-441, 2003.

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.

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

LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S. & EUCLIDES, V.P.B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.415-423, 2004.

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

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

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42p. 2005, Anais... Goiânia: SBZ: Universidade Federal de Goiás, p.56-84, 2005.

MACEDO, M.C.M. Aspectos edáficos relacionados com a produção de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. In: BARBOSA, R.A. Morte de pastos de braquiárias. Embrapa Gado de Corte, p.35-65, 2006.

MAGALHÃES, E.N.; OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C.; COSTA, K.A.P. & CASTRO, M.B. Recuperação estrutural e produção de capim-tifton 85 em um argissolo vermelho-amarelo compactado. *Ciência Animal Brasileira*, v.10, n.1, p.68-76, 2009.

MALVES, D. Embrapa – Piatã da Gado de Corte na 7ª edição do Ciência para a Vida. Blog BRS Piatã. EMBRAPA Gado de Corte. Postado em maio de 2010. Disponível em < <http://blogpiata.cnpgc.embrapa.br/?p=165>>. Acesso em julho de 2012.

MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; SÁ, M.A.C. VILELA, L. & BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.6, p.873-882, 2007.

MARTHA JÚNIOR & G.B.; VILELA, L. Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes em pastagens. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002. 32p. (Documentos, 50).

MATSUDA. Braquiária MG-4. Disponível em: <<http://www.matsuda.com.br/matsuda/Web/sementes/Default.aspx?varSegmento=Sementes&idproduto=I10102708125977>> Acesso em : 24 jul 2012.

MOSADDEGHI, M.R.; KOOLEN, A.J.; HEMMAT, A.; HAJABBASI, M.A. & LERINK, P. Comparisons of different procedures of pre-compaction stress determination on weakly structure soils. *Journal of Terramechanics*, v.44, n.1, p. 53-63, 2007.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G. & ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.3, p.531-538, 2001.

NIE, Z.N.; WARD, G.N. & MICHAEL, A.T. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil on south – Western Victoria. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.52, p.37-43, 2001.

OLIVEIRA JÚNIOR, P.R. Produtividade de cultivares de soja em consórcio com braquiária, subdoses de herbicida e uso de potássio em cobertura. Marília, Universidade de Marília, 2006, 43p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C. & MELLO, C.R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo vermelho da Microregião de Goiânia, GO. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.13, p265-270, 2007.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S. & CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.2, p.327-336, 2004.

PACHECO, L.P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A.; ASSIS, R.L.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E. & PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e



liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.46, n.1, p.17-25, 2011.

PACHECO, L. P.; PIRES F.R.; MONTEIRO, F.P.; PROCÓPIO, 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.

PANACHUKI, E., BERTOL, I, SOBRINHO, T.A.; OLIVEIRA, P.T.S. & RODRIGUES, D.B.B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.1777-1785, 2011.

PAUL, E.A. & CLARK, F.E. Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover. In: PAUL, E.A. & CLARK, F. E., eds. Soil microbiology and biochemistry. 2.ed. San Diego, Academic, p.158-179, 1996.

PEREIRA, S.A.; OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C.; BALBINO, L.C. & OLIVEIRA, J.P. Análise de componentes principais dos atributos físicos de um latossolo vermelho distrófico típico sob pastagem e mata. Global Science and Technology, v.03, n.02, p.87-97, 2010.

PERES, J.G.; SOUZA, C.F. & LAVORENTI, N.A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. Engenharia Agrícola Jaboticabal, v.30, n.5, p.875-886, 2010.

PERON, A.J. & EVANGELISTA, A.R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. Ciência & Agrotecnologia, Lavras, v.28, n.3, p.655-661, 2004.

PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; PROCÓPIO, S.O.; CARGNELUTTI FILHO, A. & VOLF, M.R. Seletividade de herbicidas à cultura do milho e ao capim-braquiária cultivadas no sistema de integração lavoura-pecuária. Semina: Ciências Agrárias, v.32, p.855-864, 2011.

PIRES, B.S.; DIAS JUNIOR, M.S.; ROCHA, W.W.; ARAUJO JUNIOR, C.F. & CARVALHO, R.C.R.. Modelos de capacidade de suporte de carga de um latossolo vermelho-amarelo sob diferentes usos e manejos. Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso), v.36, p.635-642, 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, p.1349-1358, 2000.

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

REICHERT, J.M. ; SUZUKI, L.E.A.S. ; REINERT, D.J. ; HORN, R. & HAKANSSON, I. . Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-

till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil & Tillage Research*, v.102, p.242-254, 2009.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L. & FERREIRA JÚNIOR, L. G.. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.153-156, 2008.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; COSTA, K.A.P.; BENITES, V.M. & FERREIRA FILHO, S.M. Structural changes in latosols of the Cerrado region: II – Soil compressive behavior and modeling of additional compaction. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.783-791, 2011b.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.; COSTA, K.A.P.; CASTRO, M.B. & MAGALHÃES, E.N. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo capim-tifton 85. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.14, n.1, p.39–45, 2010.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; OLIVEIRA, L.F.C. & CASTRO, M.B. Pressão de preconsoidação e intervalo hídrico ótimo como indicadores de alterações estruturais do solo em decorrência das operações de colheita da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.4, p.1.419-1.427, 2008.

SHERMAN, P.J.; RIVEROS, F. *Tropical grasses*. Roma: FAO, 1990. 832 p.

SILVA, A.P. & KAY, B.D. Effect of Soil Water Content Variation on the Least Limiting Water Range. *Soil Science Society of America Journal*, v.61, p.884-888, 1997.

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

SILVA, I. F. & MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.311-317, 1997.

SOUZA FILHO, C.V.S. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1994. p.25-48.

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*. Brasília, v.40, n.3, p.271-278, 2005.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; SILVA, C.A. & PEREIRA, J.M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v.31, n.4, p.647-653, 2009.

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

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

TORMENA, C.S.; SILVA, A.P.; GONÇASVLE, A.C.A. & FOLEGATTI, M.A.V. Intervalo ótimo de potencial da água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.3, p.286-292, 1999.

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

WIEDER, R.K. & LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*, 63 (6): 1636-1642, 1982.

## OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho objetivou avaliar aspectos qualitativos e quantitativos do cultivo de espécies do gênero *Brachiaria* em sistema de integração agricultura-pecuária, visando a descompactação biológica de um Latossolo degradado fisicamente, proporcionando um ambiente favorável aos cultivos em sucessão, bem como avaliar a produção, acúmulo e concentração de nutrientes em palhadas desses capins após a dessecação.

## DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA DO SOLO E PRODUÇÃO DE PALHADAS DE *Brachiaria* EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA NO SUDOESTE GOIANO

A pecuária brasileira apresenta elevada aptidão para atividade a pasto, sendo o manejo extensivo em regime extrativista o mais adotado e a principal causa de degradação das pastagens. Associado a este processo tem a degradação física do solo, decorrente da sua compactação. Esse processo é caracterizado pela redução do espaço poroso do solo quando submetido ao pisoteio animal (Lanzanova et al., 2007) e ao tráfego de máquinas agrícolas em condições desfavoráveis em termos de conteúdo de água (Giarola et al., 2007; Lima et al., 2012), resultando na queda ainda mais acentuada de produtividade e longevidade das pastagens (Imhoff et al., 2000).

A recuperação das pastagens e da qualidade física do solo se caracteriza como o processo inverso da degradação. Aliando técnicas que visam a amortização dos custos operacionais e a sustentabilidade do processo como é o caso da Integração Agricultura-Pecuária (IAP) (Costa et al., 2010), proporciona ainda a melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além de viabilizar formação de palhada para o sistema de plantio direto (Severiano et al., 2010; Petter et al., 2011).

Embora muitos agricultores relutam em adotar esse sistema em razão dos possíveis efeitos negativos do pisoteio sobre atributos do solo (Flores et al., 2007; Bavoso et al., 2010), o uso de plantas forrageiras como estratégia de manejo na IAP constitui uma alternativa para o controle da compactação e da qualidade física do solo. Ao contrário do que acontece com os implementos agrícolas, a descompactação do solo promovida por plantas ocorre de maneira uniforme em toda camada explorada pelo sistema radicular (Camargo & Alleoni, 1997), formando ainda bioporos favoráveis ao crescimento das raízes, infiltração de água e difusão de gases no solo (Müller et al.,

2001). Consequentemente, ameniza os efeitos deletérios causados pelo pisoteio animal (Guimarães et al., 2009; Chioderoli et al., 2012).

Embora seja conhecido que algumas plantas possuem habilidade em penetrar com mais facilidade as camadas do solo compactadas (Gonçalves et al., 2006; Jimenez et al., 2008; Severiano et al., 2010, Lima et al., 2012), pouco se conhece do potencial de descompactação do solo promovido pelo gênero *Brachiaria*. Esse fato assume relevância quando considera a expressiva área [aproximadamente 85% das de pastagem cultivadas no país, segundo Macedo (2005)], bem como a crescente adoção dessas espécies em sistemas integrados de produção na região dos cerrados (Kluthcouski & Aidar, 2003; Pacheco et al., 2008), devido a viabilidade de consorciação com culturas anuais (Calonego et al., 2011; Pacheco et al., 2011; Chioderoli et al., 2012).

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar aspectos qualitativos e quantitativos do cultivo de espécies do gênero *Brachiaria* em sistema de integração agricultura-pecuária visando a melhoria da qualidade estrutural de um Latossolo degradado fisicamente, proporcionando um ambiente favorável aos cultivos em sucessão, bem como avaliar a produção, acúmulo e concentração de nutrientes em palhadas desses capins após a dessecação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, município de Rio Verde-GO, 17° 48' 34,25''S e 50° 54' 05,36''O, a 731 metros de altitude, em área recoberta por um Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 2006). A caracterização química e física do solo é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização física e química do Latossolo Vermelho Distroférico cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária, no município de Rio Verde, Goiás.

Profundidade (cm)	Dp (kg dm <sup>-3</sup> )	Ds	Granulometria					Ataque sulfúrico						
			AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr
0 – 20	2,8	1,2	1	15	154	141	53	195	441	4,1	20,4	20,4	0,34	0,21

Dp: Densidade de partículas; Ds: Densidade do solo; AMG: areia muito grossa; AG: areia grossa; AM: areia média; AF: areia fina; AMF: areia muito fina; Ki: relação molecular (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); Kr: relação molecular SiO<sub>2</sub>: (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

O clima é classificado de acordo com Köppen, como Megatérmico ou Tropical Úmido (Aw), do subtipo Tropical de Savana, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual da região é de 25 °C e a média pluviométrica anual de aproximadamente 1600 mm, com a máxima precipitação em janeiro e menores em junho, julho e agosto (< 50 mm mês<sup>-1</sup>).

Na condução do estudo, uma área de 2016 m<sup>2</sup> foi semeada com milho (*Zea mays*) na primeira safra, com a finalidade de produção de forragem para silagem, em 19 de novembro de 2010. Utilizou-se um espaçamento entre linhas de 0,88 m (população de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>). A adubação de plantio de acordo com os resultados da análise de solo (Tabela 2), sendo aplicado 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 2 kg ha<sup>-1</sup> de Boro, 0,4 kg ha<sup>-1</sup> de Molibdênio, utilizando as fontes adubo,

Superfosfato Simples, Cloreto de Potássio, Ácido Bórico e Molibdato de Sódio, seguindo recomendações de Sousa & Lobato (2004).

Após a emergência da cultura, foi realizado desbaste de plantas nos carregadores e delimitadas trinta e seis parcelas com dimensões de 5,4 x 6 m (32,4 m<sup>2</sup>), dispostas ao acaso em quatro blocos.

Trinta dias após a emergência do milho foi realizado a adubação de cobertura do milho, aplicando 30 kg ha<sup>-1</sup> de N e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando as fontes de Sulfato de amônio e Cloreto de Potássio. Na ocasião, realizou-se o plantio em sobressemeadura dos capins utilizando 9 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis, de espécies de capins do gênero *Brachiaria* para implantação do sistema de integração agricultura-pecuária, consistindo nos seguintes tratamentos:

- *Brachiaria brizantha* cv. Marandu;
- *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés;
- *Brachiaria brizantha* cv. Piatã;
- *Brachiaria brizantha* cv. MG-4;
- *Brachiaria decumbens*
- *Brachiaria ruziziensis*

Para efeito comparativo, adotou-se como tratamentos testemunha:

-Recuperação mecânica via preparo do solo, compreendendo uma subsolagem e destorroamento por enxada rotativa (Plantio convencional);

-Solo em pousio e ausência da comunidade infestante (Sem cobertura);

-Comunidade infestante (Plantas invasoras), compreendida predominantemente em termos de densidade e diversidade, por um dossel de plantas invasoras dicotiledôneas das seguintes espécies: *Amaranthus spinosus* L. (caruru-de-espinho), *Nicandra physalodes* (L.) Gaerth. (joá-de-capote), *Crotalaria incana* L. (xique-xique), *Sida spinosa* L. (guanxuma), *Waltheria indica* L. (malva-veludo), (L.), *Conyza canadensis* (L.) Cronquist (buva), *Spermacoce latifolia* Aubl. (erva-quente), *Ageratum conyzoides* L. (mentrasto), *Stellaria media* (L.) Vill. (erva-de-passarinho). As monocotiledôneas, em menor proporção foram descritas como: *Digitaria insularis* (L.) Fedde (capim-amargoso), *Eleosine indica* (L.) Gaertn, (capim-pé-de-galinha) e *Commelina benghalensis* L. (trapoeraba).



O milho para a produção de silagem foi colhido mecanicamente aos 90 dias após semeadura, em 17 de fevereiro de 2011, apresentando teor de matéria seca variando de 30 a 35%. Na sequência, o desenvolvimento das *Brachiarias* foi monitorado através do incremento da produção de massa seca, variando em função da sazonalidade climática.

Para a avaliação da forrageira, foram coletadas amostras em áreas de 1 m<sup>2</sup>, direcionando o quadrado aleatoriamente dentro de cada parcela e cortando a 20 cm de altura, sendo estas preparadas e acondicionadas para posteriores estudos. Os cortes foram realizados em 21/03/2011 (1º corte), 11/05/2011 (2º corte), 04/07/2011 (3º corte), 12/09/2011 (4º corte), 24/10/2011 (5º corte) e 25/11/2011 (6º corte).

Os cortes da forragem no período chuvoso foram procedidos de adubação de cobertura, aplicando 50 kg ha<sup>-1</sup> de N e 25 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando ureia e cloreto de potássio como fontes. Após a avaliação, foi realizado o corte de uniformização de toda a área experimental, na mesma altura das plantas avaliadas, sendo retirado da área o resíduo resultante dessa uniformização.

Na oportunidade da colheita mecânica do milho para silagem e após cada corte das forrageiras, procedeu-se à amostragem indeformada do solo em cada parcela, aleatoriamente, nas camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm utilizando anéis metálicos de 6,4 cm diâmetro e 5,0 cm de altura. Após a retirada das amostras, elas foram envolvidas em filme de PVC, parafinadas e acondicionadas em caixas de isopor para transporte e armazenamento no laboratório.

Em laboratório, as amostras indeformadas foram inicialmente saturadas e submetidas ao Potencial Matricial de -6 kPa para a determinação da microporosidade e capacidade de campo (Embrapa, 1997; Mello et al., 2002). Posteriormente foram ajustadas a conteúdos de água no solo variando de 0,04 a 0,53 dm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>, para então serem submetidas ao teste de penetrometria, utilizando um penetrômetro de bancada MARCONI-MA 933, dotado de variador eletrônico de velocidade e sistema de registro de dados, segundo Tormena et al. (1998).

Em seguida, as amostras foram secas em estufa, a 105°C, por 48 horas, para a determinação da densidade do solo (Ds), conforme Embrapa (1997). A porosidade total (PT) foi determinada pela equação 1:

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

sendo  $D_p$  a densidade de partículas. A macroporosidade do solo foi obtida pela diferença entre  $PT$  e microporosidade, segundo Embrapa (1997).

A curva de resistência à penetração (CRP) foi obtida ajustada aos valores de resistência à penetração (RP) em função do conteúdo volumétrico de água ( $\theta$ ) e da  $D_s$ , por meio do modelo não linear proposto por Busscher (1990), conforme a equação 2:

$$RP = 0,34\theta^{-0,78} D_s^{5,65}; R^2 = 0,82 ** \quad \text{Eq. (2)}$$

O Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) foi determinado de acordo com os procedimentos descritos em Silva et al. (1994), considerando como limites superiores, o conteúdo de água no solo retido no potencial matricial de -6 kPa como sendo a capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ) (Mello et al., 2002; Severiano et al., 2008) ou aquele em que a porosidade de aeração ( $\theta_{PA}$ ) é de 10 % (Grable & Siemer, 1968), 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 -1500 kPa, o ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ) (Richards & Weaver, 1943), e/ou o conteúdo de água correspondente à resistência à penetração de 2,5 MPa ( $\theta_{RP}$ ) (Camargo & Alleoni, 1997), valores estes utilizados na Eq. 2.

O IHO foi obtido ajustando os limites do conteúdo de água no solo em função da  $D_s$ , sendo o limite superior o menor valor entre  $\theta_{CC}$  e  $\theta_{PA}$ , e o limite inferior o maior valor entre  $\theta_{PMP}$  e  $\theta_{RP}$ , considerando os valores médios da camada de 0 - 20 cm.

Após 32 dias do último corte de avaliação das forrageiras, foi coletada amostra de solo com intuito de avaliar a atual condição química do solo e após isto as gramíneas foram dessecadas com herbicida glyphosate, na dosagem de 1.500 g ha<sup>-1</sup>, seguida da semeadura da cultura da soja (*Glycine max* L Merrill) para uma população de 400.000 plantas ha<sup>-1</sup>, utilizando espaçamento entre linhas de 0,47 m, iniciando então a segunda parte do estudo. Procedeu-se a adubação de acordo com os resultados da análise de solo (Tabela 2), seguindo recomendações de Sousa & Lobato (2004).

**Tabela 2.** Complexo sortivo do Latossolo Vermelho Distroférrico cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária por ocasião da semeadura dos capins do gênero *Brachiaria* em consórcio com milho (safra 2010/2011) e da cultura da soja (safra 2011/2012), no município de Rio Verde, Goiás<sup>(1)</sup>.

Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	V <sup>(2)</sup>	m <sup>(3)</sup>	M.O. <sup>(4)</sup>	pH
----- cmolc dm <sup>-3</sup> -----			----- mg dm <sup>-3</sup> -----		----- % -----		----- g kg <sup>-1</sup> -----		(CaCl <sub>2</sub> )
Safra 2010/2011									
3,2	1,3	0,0	5,6	2,9	104,0	46,6	0,0	27,3	5,2
Safra 2011/2012									
2,76	1,41	0,03	5,34	2,12	138,33	45,8	0,74	45,49	5,21

<sup>(1)</sup> 20 cm de profundidade; <sup>(2)</sup> V: saturação por bases; <sup>(3)</sup> m: saturação por alumínio; <sup>(4)</sup> M.O.: Matéria Orgânica. P: Determinado pelo extrator Mehlich.

Após o plantio da cultura da soja, deu-se início o monitoramento diário do conteúdo de água no solo ( $\theta$ ) estendendo até a maturação fisiológica, ou seja, entre os dias 08/12/2011 a 23/03/2012, na camada de solo de 0 - 20 cm. A amostragem foi realizada utilizando um amostrador semiautomático de solo elétrico marca Saci, modelo S-20, preconizando a amostragem pelo período da manhã. As amostras foram embaladas e conduzidas ao laboratório para determinação da umidade por gravimetria, conforme Embrapa (1997).

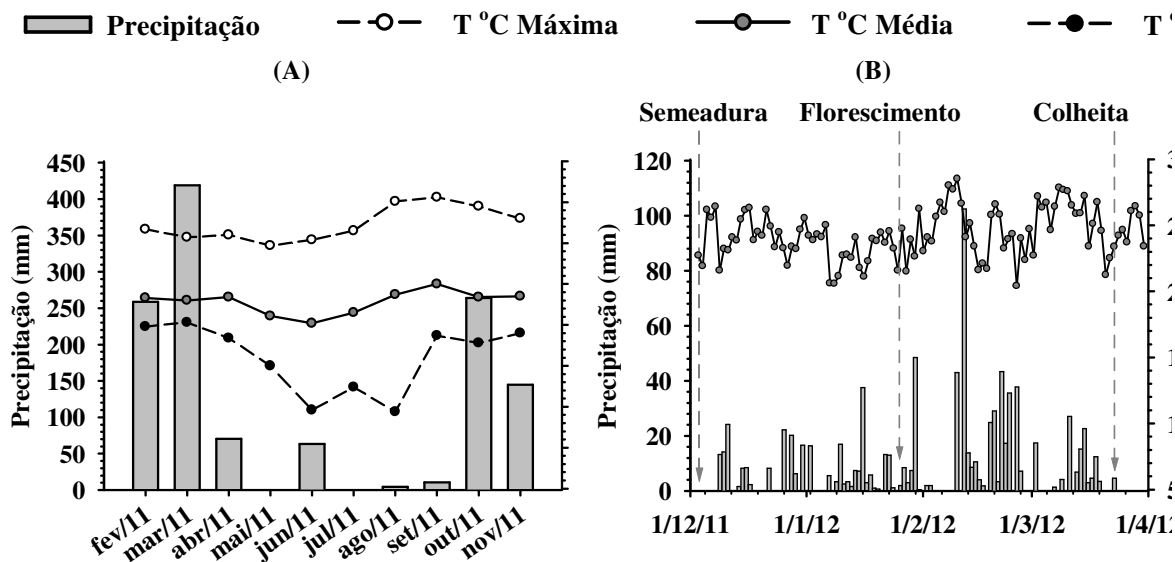
Objetivando a avaliação do potencial de descompactação do solo submetido a cada um dos sistemas avaliados, procedeu o estabelecimento da frequência de ocorrência de  $\theta$  dentro da amplitude de água disponível durante o ciclo da soja (Fdentro), conforme (Silva & Kay, 1997), considerando para a avaliação, as fases vegetativa e reprodutiva da cultura da soja.

Para avaliação da produção de palhada de capins do gênero *Brachiaria*, foi quantificada a biomassa seca sete dias após a dessecação coletando amostras de palhada em áreas de 0,0625 m<sup>2</sup> nas parcelas experimentais, utilizando um quadrado metálico com aresta de 0,25 m. As amostras correspondentes à biomassa úmida das palhadas foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada de ar, com temperatura de 65°C por 72 horas. Posteriormente, foram moídas em moinho do tipo Willey com peneira de 1 mm para serem analisadas.

Foram determinados as concentrações dos macronutrientes [nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S)], segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e o teor de carbono (C) por ignição em

mufla a 550 °C, conforme LANARV (1988). A partir dos resultados elementares, determinando a concentração e o acúmulo de macronutrientes, e as relações C/N, C/P e C/S.

Durante a condução do experimento, foram monitoradas a temperatura e a precipitação pluviométrica, cujos resultados são mostrados na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) (A) mensal e (B) diária durante o cultivo dos capins *Brachiaria* e o ciclo da cultura da soja, respectivamente, no município de Rio Verde, Goiás.

Os resultados de produção de massa seca dos capins do Gênero *Brachiaria*, produção e concentração de nutrientes nas palhadas foram submetidos à análise de variância, segundo delineamento em blocos ao acaso comparando as médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) quando constatada significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

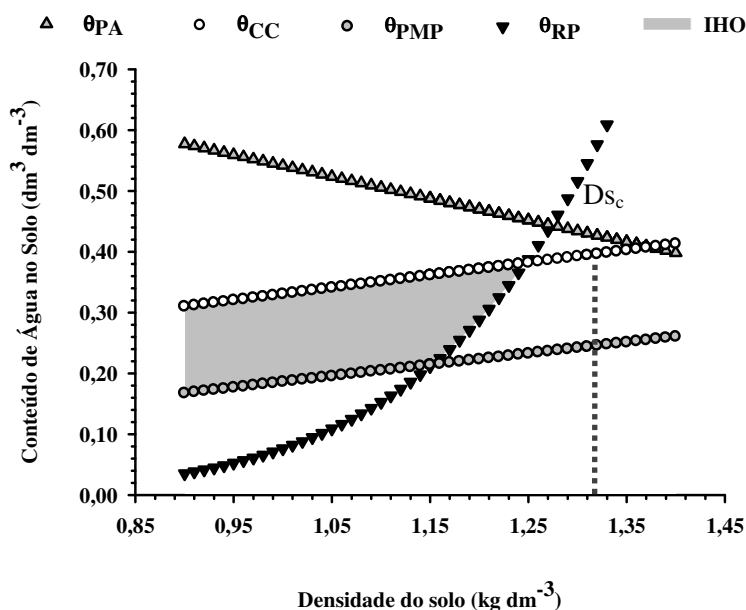
### **Intervalo Hídrico Ótimo no diagnóstico da descompactação biológica do solo**

Os resultados de RP se ajustaram ao modelo não linear proposto por Busscher (1990) conforme descrito na equação 2, apresentando correlação direta com a  $D_s$  e inversa com  $\theta$ . Esses resultados corroboram com diversos autores (Silva et al., 1994; Tormena et al., 1998; Leão et al., 2004) e pode ser atribuído a maior fricção entre as partículas em função do aumento da coesão e a ação lubrificante da água.

A variação do conteúdo de água no solo com o incremento da  $D_s$  e destaque para o IHO, representado pela área hachurada, encontra-se na Figura 2. Observa-se que, com o incremento da  $D_s$  ocorre aumento na retenção de água, tanto na CC quanto no PMP, que pode ser atribuído a alteração do tamanho de poros em decorrência da compactação do solo (Oliveira et al., 2007; Severiano et al., 2011a), notadamente em termos de reduções na porosidade de aeração com o aumento de densidade, comumente verificado em sistemas de integração agricultura-pecuária (Spera et al., 2004).

Se por um lado, o incremento na  $D_s$  proporcionou maior superfície de adsorção de água às partículas sólidas (Blaisnki et al., 2009), tendo o IHO o seu valor máximo de  $0,15 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$  na  $D_s$  igual a  $1,15 \text{ kg dm}^{-3}$ , o impedimento mecânico provocado pelo incremento da RP restringiu a disponibilidade hídrica do solo a partir deste valor até atingir o valor crítico de densidade ( $D_{sc}$ ) em  $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$ , em que o IHO se tornou nulo, sendo coerente com o valor encontrado por Lima et al. (2012). Nessas condições, o desenvolvimento das plantas é limitado estando o solo sob quaisquer condições de umidade, sinalizando para a degradação física do solo (Silva et al., 1994). A amplitude do IHO variou de 0,01 a  $0,15 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ , que é comum em Latossolos dessa classe

textural quando submetidos a manejo intensivo (Tormena et al., 1999, 2007; Blainski et al., 2009), considerando o valor crítico de RP adotado.

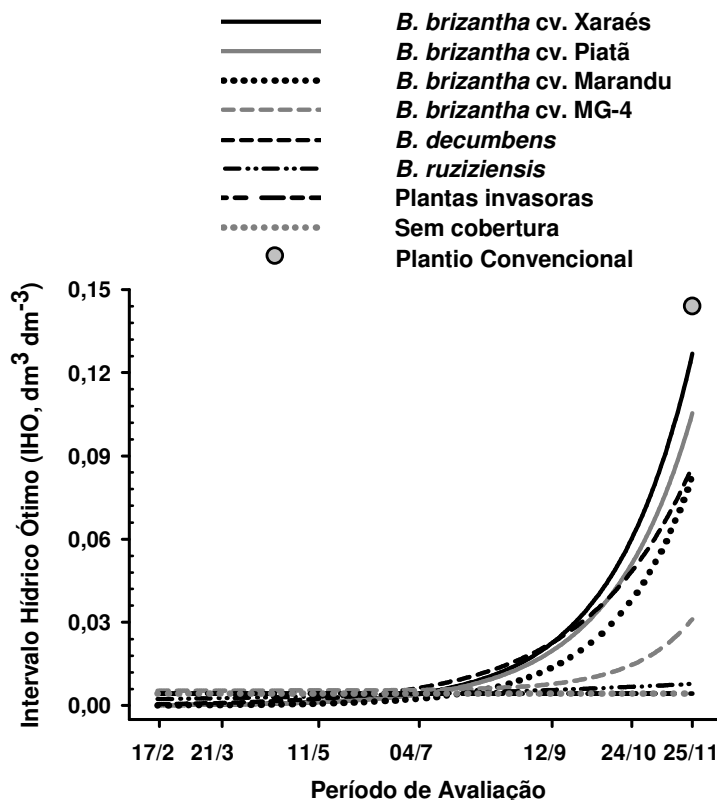


**Figura 2.** Variação do conteúdo de água no solo ( $\theta$ ) com o incremento da Densidade do solo ( $D_s$ ), nos limites críticos de capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ , -6 kPa), ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ , -1500 kPa), porosidade de aeração a 10% ( $\theta_{PA}$ ), e resistência do solo à penetração de 2,5 MPa ( $\theta_{RP}$ ), 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.

A redução na porosidade de aeração do solo não proporcionou um ambiente limitante em termos de oxigenação (Figura 2). Isto se deve ao desenvolvimento em grandes proporções de poros estruturais em Latossolos oxídicos (Reatto et al., 2007), que por sua vez, favorecem uma aeração excessiva aos mesmos. Conforme Severiano et al. (2011a), problemas relativos à anoxia nestes solos ocorrerão somente quando a sua estrutura estiver extremamente degradada ( $D_s > D_{sc}$ ), ou ainda em escala temporal relativamente curta, após intensas precipitações, no período em que o conteúdo de água no solo se encontrar acima da capacidade de campo, dado o comportamento dinâmico da água no solo.

Segundo Blainski et al. (2008), a adoção de sistemas de integração agricultura-pecuária pode constituir uma alternativa para o reestabelecimento da qualidade física do solo. Contudo, espécies e cultivares podem variar quanto a sua habilidade de descompactação biológica, conforme pode ser visualizado na figura 3. As pastagens do

Gênero *Brachiaria* avaliadas promoveram incremento no IHO em proporções diferenciadas, com destaque para a *B. brizantha*, particularmente os cultivares xaraés e piatã, demonstrando elevada agressividade no rompimento de camadas compactadas pelo sistema radicular dessas forrageiras.



**Figura 3.** Alterações no intervalo hídrico ótimo (IHO,  $\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$ ) do Latossolo Vermelho Distroférrico cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária no município de Rio Verde, Goiás, após os cortes das plantas forrageiras (primeira avaliação do IHO foi realizada por ocasião da colheita da cultura anterior do milho).

Esses resultados corroboram com Bonelli et al. (2011), que ao avaliarem os efeitos da compactação do solo nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça, constataram que os níveis de compactação do solo não influenciaram a produção do capim-piatã, sugerindo uma maior agressividade do sistema radicular por essa planta, sendo relacionada aos processos fisiológicos e às interações ambientais, que por sua vez, possibilitou a ação radicular dessa cultivar no rompimento de camadas compactadas.

Flores et al. (2008) relataram que o capim-xaraés possui vantagens em relação aos outros cultivares de *Brachiaria*, como maior velocidade de rebrota e maior produção de forragem, particularmente no período da seca. Essa maior atividade

metabólica, por sua vez, parece ter contribuído para a maior eficiência na descompactação do solo.

O capim-marandu e a *B. decumbens* apresentaram potencial intermediário de rompimento de camadas compactadas, estando de acordo com Chioderoli et al. (2012) que observaram maiores produtividades da cultura sucessora, quando essas duas forrageiras foram semeadas na época da adubação de cobertura do milho antecessor. Calonego et al. (2011) também demonstraram que o cultivo de braquiária em consórcio com o milho por dois anos consecutivos melhorou as condições estruturais do solo, com redução da resistência mecânica à penetração, e conseqüentemente, aumento do IHO.

Por outro lado, o capim-MG-4 e a *B. ruziziensis* se comportaram semelhante à comunidade infestante de plantas invasoras, com potencial limitado de recuperação física do solo. Ressalta-se ainda que a recuperação mecânica via preparo do solo proporcionou as maiores taxas de recuperação, sendo representada na Figura 3 apenas na última época de avaliação, por ter sido realizado por ocasião do plantio da cultura de verão.

Em sistemas de produção de alto nível tecnológico, os cultivares xaraés e piaã apresentam elevados potenciais produtivos dos componentes planta e animal e adaptabilidade às adversidades climáticas, desde que atendidos as suas exigências nutricionais (Flores et al., 2008; Costa et al., 2010), amenizando os efeitos da estacionalidade na produção de forragem provocados pelas baixas precipitações pluviométrica e temperatura noturnas no período de entressafra (Figura 1).

Nesse contexto, observa-se que mesmo uma drástica redução da produção de forragem na estação seca (terceiro, quarto e quinto cortes) em relação aos cortes de avaliação realizados no período chuvoso (primeiro, segundo e sexto cortes), observa-se as maiores produções dos cultivares supracitados, bem como as maiores produções médias (Tabela 3). Dessa forma, sugere-se que o acúmulo de reservas orgânicas nos colmos desses capins contribuiu para maior atividade metabólica de rebrota na retomada da estação chuvosa, e conseqüentemente, maior agressividade radicular, levando à descompactação biológica (Figura 3).



**Tabela 3.** Produção de massa seca de forragem de capins do Gênero *Brachiaria* em sistemas de integração agricultura-pecuária no município de Rio Verde, Goiás<sup>(1)</sup>.

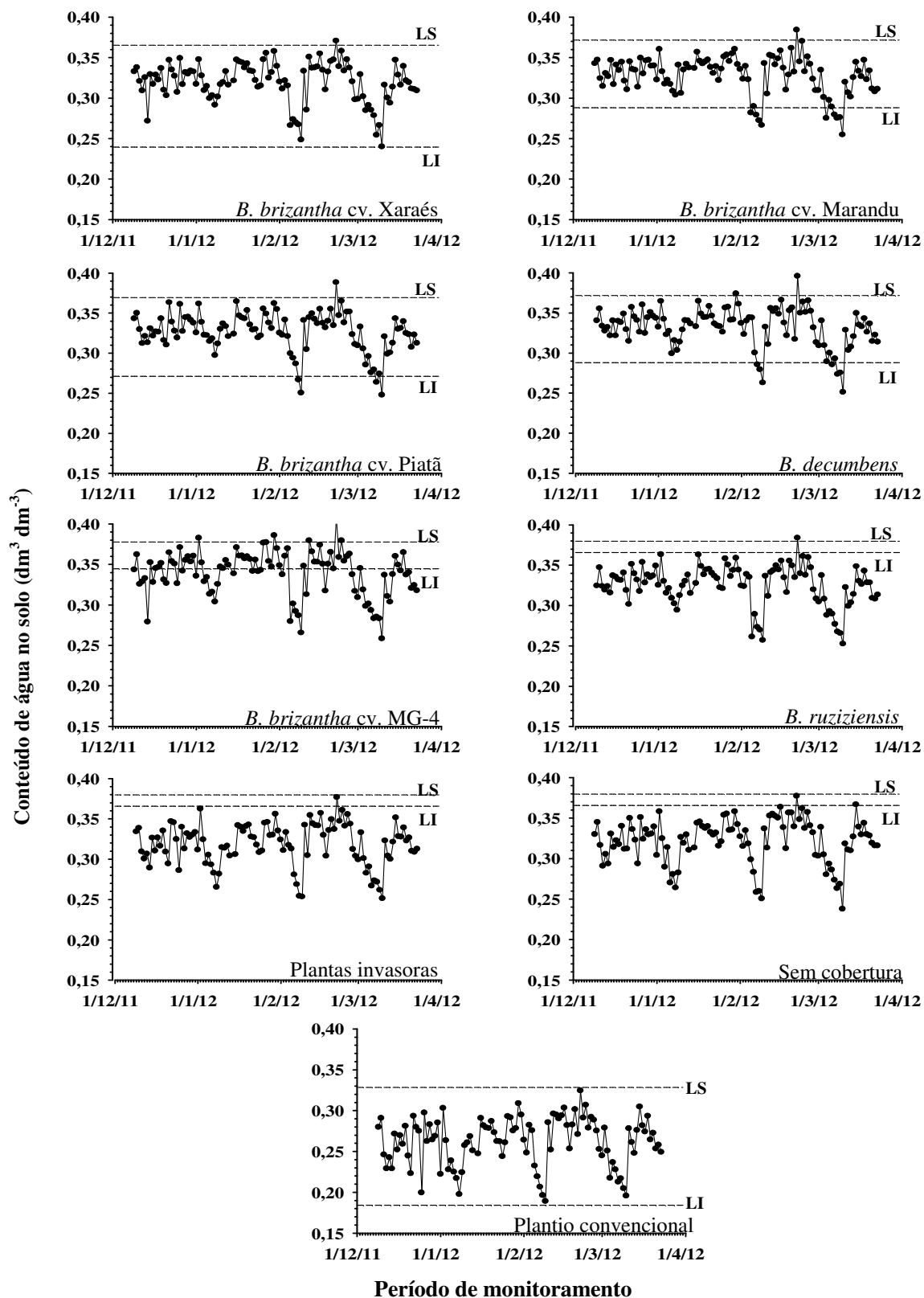
Capim	Corte de avaliação <sup>(2)</sup>						Total <sup>(3)</sup>
	Primeiro	Segundo	Terceiro	Quarto	Quinto	Sexto	
	----- Kg ha <sup>-1</sup> -----						
<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	5.432,5Ca	3.946,9Cb	1.446,4Ac	858,4Ad	1.119,0Ad	4.139,6Bb	16.942,8AB
<i>B. brizantha</i> cv. Piatã	7.372,5Aa	3.847,4CDc	1.255,1Ad	882,7Ad	1.052,6Ad	4.914,9Ab	19.325,2A
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	5.302,3Ca	4.236,1BCb	975,6ABc	978,9Ac	786,3Ac	3.780,9BCc	16.060,1B
<i>B. decumbens</i>	6.135,5Ba	4.542,7Bb	1.283,0Ad	773,6Ae	1.052,7Ade	3.699,3Cc	17.486,8AB
<i>B. brizantha</i> cv. MG-4	4.799,9Da	5.110,1Aa	1.268,2Ac	851,4Ac	838,8Ac	3.667,4Cb	16.535,8B
<i>B. ruziziensis</i>	5.528,4Ca	3.434,4Db	604,4Bd	285,9Bd	330,8Bd	2.217,3Dc	12.401,2C

<sup>1</sup>: Para cada capim, médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas, e para cada corte de avaliação, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (média de quatro repetições). Cortes de avaliação - Primeiro: dia 21/03/2011; Segundo: 11/05/2011; Terceiro: 04/07/2011; Quarto: 12/09/2011; Quinto: 24/10/2011; Sexto: 25/11/2011. <sup>2</sup>: Somatório da produção dos seis cortes de avaliação.

### Disponibilidade hídrica do solo para a cultura sucessora

O incremento no intervalo hídrico ótimo em função do cultivo dos capins do gênero *Brachiaria* amenizou os efeitos da degradação estrutural sobre o ciclo da soja cultivada em sucessão. Além disso, a Figura 4 sugere que a presença de palhada na superfície do solo decorrente da dessecação das pastagens contribuiu para a disponibilidade hídrica à cultura. Segundo Andrade (2008), em sistemas de plantio direto, as perdas de água por evaporação são reduzidas proporcionalmente ao aumento da quantidade de resíduos, que se deve à manutenção do conteúdo de água no solo, em função da menor oscilação térmica na camada superficial, comparado ao preparo convencional (Costa et al., 2003; Braidia et al., 2006; Chioderoli et al., 2012).

A variação temporal do conteúdo de água no solo durante o ciclo da cultura sucessora demonstrou que o limite superior do IHO pouco influenciou na disponibilidade hídrica (Figura 4), mesmo naqueles sistemas em que as forrageiras demonstraram baixo potencial de descompactação do solo (Figura 3).



**Figura 4.** Variação temporal do teor de água no solo durante o ciclo da cultura da soja, em relação aos limites críticos do Intervalo Hídrico Ótimo em um Latossolo Vermelho Distroférico sob sistemas de integração agricultura-pecuária. Ls: limite superior ( $\theta_{CC}$ , -6 kPa) e Li: limite inferior ( $\theta_{PMP}$ , -1500 kPa ou  $\theta_{RP}$ , 2,5 MPa) do IHO para o período de monitoramento.

De modo geral, foi constatado problemas de anoxia pontuais, após a ocorrência de precipitações intensas (e.g. dia 22/02/2012 - Figura 1), quando o monitoramento foi realizado após a chuva. Conforme discutido anteriormente, em decorrência do predomínio de poros estruturais e ao comportamento dinâmico da água, os conteúdos de água no solo retornaram aos limites do IHO nas avaliações posteriores, corroborando com Blainski et al. (2009).

O limite inferior do IHO proporcionou maiores restrições hídricas em todos os sistemas de integração agricultura-pecuária (Figura 4), corroborando com Leão et al. (2006) que aumenta a probabilidade da cultura subsequente sofrer estresse por impedimento mecânico ao sistema radicular (Klein & Câmara, 2007). Entretanto, à medida que o solo foi descompactado através do cultivo dos capins, houve aumento na frequência em que  $\theta$  permaneceu dentro dos limites do IHO ( $F_{dentro}$ ), conforme demonstrado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Intervalo hídrico ótimo, taxa de recuperação física do solo e análise da frequência de  $\theta$  dentro dos limites do IHO ( $F_{dentro}$ ) durante o ciclo da soja, para sistemas de integração agricultura-pecuária utilizando capins do gênero *Brachiaria* em um Latossolo Vermelho Distroférrico, no município de Rio Verde, Goiás.

Tratamento	IHO dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	Recuperação Física (%)	F <sub>dentro</sub> (%)	
			FV	FR
<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	0,13	88	100,0	98,3
<i>B. brizantha</i> cv. Piatã	0,10	69	100,0	89,8
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	0,08	54	100,0	83,1
<i>B. decumbens</i>	0,08	54	100,0	84,7
<i>B. brizantha</i> cv. MG-4	0,03	20	56,5	42,4
<i>B. ruziziensis</i>	0,01	7	0,0	0,0
Plantas invasoras	0,01	7	0,0	1,7
Sem cobertura	0,01	7	0,0	3,4
Plantio convencional	0,14	98	100,0	100,0

IHO: Intervalo hídrico ótimo; FV: Fase vegetativa; FR: Fase reprodutiva

Embora o sistema de plantio convencional mantenha o solo descoberto, podendo levar a perdas de água por evaporação em comparação a solo com palhada em superfície (Peres et al., 2010), observa-se que a ação mecânica dos implementos de preparo proporcionou maior recuperação física do solo (Tabela 4) e conseqüentemente aumento da disponibilidade hídrica à cultura sucessora, sendo este o único tratamento em que a RP não se constituiu no limite inferior, situação também observada por Serafim et al. (2008). Sugere-se, portanto, a ausência de estresse hídrico, quantificado

pela ocorrência  $\theta$  dentro dos limites do IHO ( $F_{dentro}$ ) em 100% das avaliações de monitoramento neste tratamento, como uma relação de dependência da distribuição regular pluviométrica que ocorreu durante o ciclo da cultura (Figura 1).

Ainda em análise da Tabela 4, ressalta-se que a recuperação biológica promovida pelo capim-xaraés, mesmo sendo inferior ao obtido pelo plantio convencional, resultou em pequena redução em  $F$  dentro na fase reprodutiva da soja ( $IHO_{100\%FV}$  e  $IHO_{98,3\%FR}$ ). Efeitos semelhantes foram observados nos tratamentos com capim-piatã ( $IHO_{1,00\%FV}$  e  $IHO_{89,8\%FR}$ ), seguido da *B. decumbens* ( $IHO_{100\%FV}$  e  $IHO_{84,7\%FR}$ ) e de capim-marandu ( $IHO_{100\%FV}$  e  $IHO_{83,1\%FR}$ ) estando de acordo com aqueles obtidos por Bonelli et al. (2011), Calonego et al. (2011) e Chioderoli et al. (2012).

Esses resultados alertam para a ocorrência de estresses hídricos coincidentes aos estádios fenológicos de maior demanda hídrica da cultura. De acordo com Embrapa (2011), a necessidade de água da cultura da soja aumenta com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo no florescimento e enchimento de grãos. Déficits hídricos expressivos nesses estádios provocam alterações fisiológicas na planta, causando a queda prematura de folhas e flores e abortamento de vagens e também reduzindo a produtividade de grãos. Ante o exposto, em sistemas intensivos de produção agropecuária, faz-se necessário, portanto, a opção por cultivares de capins, como cultura de rotação, que apresentam um efetivo potencial de descompactação biológica do solo (e.g.: *B. brizantha* cv. Xaraés – Figura 3; Tabela 4).

Por sua vez, o capim-MG4 apresentou um comportamento intermediário ( $IHO_{56,5\%FV}$  e  $IHO_{42,4\%FR}$ ). Comportamento inferior foi observado nos tratamentos com plantas daninhas ( $IHO_{nuloFV}$  e  $IHO_{1,7\%FR}$ ) e sem cobertura ( $IHO_{nuloFV}$  e  $IHO_{3,4\%FR}$ ), sugerindo que o ambiente físico em tais condições seja desfavorável ao crescimento de plantas (Beutler et al., 2008; Severiano et al., 2011a).

Destaca-se que a *B. ruziziensis* tem sido amplamente utilizada como planta de cobertura em sistemas de plantio direto na região dos cerrados, por causa da sua facilidade de dessecação por ocasião da formação da palhada, apresentando morte rápida e menor entouceiramento, favorecendo a semeadura mecanizada (Giancotti, 2012). Por outro lado, a sua recomendação em sistemas de integração agricultura-pecuária pode ser limitada, quando se considera o baixo potencial de recuperação física do solo ( $IHO = 0,01 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ , estabelecendo  $F_{dentro}$  de 0,0 e 0,0 % para fase vegetativa e reprodutiva, respectivamente – Tabela 4).

Ressalta-se que a opção por plantas descompactadoras como estratégia de manejo na recuperação da qualidade estrutural de solos, em sistemas de integração agricultura-pecuária, em contrapartida à recuperação mecânica promovida pelo preparo convencional do solo além de diversificar e verticalizar a produção, minimizando custos, diluindo riscos e agregando valores aos produtos agropecuários, constitui ainda em uma estratégia de preservação ambiental, por se tratar de um modelo agrícola de baixo carbono (Oliveira et al., 2004; Marchão, 2009).

### **Produção e Concentração de Nutrientes em Palhadas de Capins do Gênero *Brachiaria***

A produção de matéria seca, acúmulo de macronutrientes, e concentração de macronutrientes das palhadas de capins do Gênero *Brachiaria* e plantas invasoras são apresentadas na Tabela 5.

Avaliando a produção de palhada, observa-se na Tabela 5, que as cultivares de *B. brizantha* e a *B. decumbens*, apresentaram produções semelhantes. Já a *B. ruziziensis* obteve menor produção entre as forrageiras estudadas. Esse resultado pode estar relacionando à morfologia da planta que apresenta estolões, conferindo-a um porte inferior às demais.

A produção de palhada gerada a partir da dessecação das *B. brizantha* e *B. decumbens* superou aquela obtida pela *B. ruziziensis*, sendo esta juntamente com a palhada produzida pela comunidade infestante (Tabela 5), inferiores às quantidades requeridas para que se obtenha uma eficiente proteção do solo, conforme estimado por Bayer (1996), em torno de 12.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em áreas agrícolas de regiões tropicais.

As demais espécies e cultivares demonstraram potencial para serem utilizadas em sistemas de integração agricultura-pecuária, por apresentar alta produtividade de forragem durante o período de entressafra das culturas anuais (Tabela 3) e serem promissoras para o sistema plantio direto, por causa da produção de biomassa seca de resíduos em quantidades adequadas para a eficiente cobertura do solo (Timossi et al., 2007). Avaliando o desempenho de plantas de cobertura (*Brachiaria brizantha*, *B. ruziziensis*, *B. decumbens*, capim-pé-de-galinha, milheto, sorgo híbrido e vegetação espontânea), em sobressemeadura na cultura da soja, condições semelhantes às do presente estudo, Pacheco et al. (2008) observaram o potencial das três espécies de *brachiaria* para a produção de palhada durante a entressafra na região dos cerrados.

As concentrações de macronutrientes nos resíduos dos capins *Brachiarias* seguiram, de maneira geral, a seguinte ordem:  $K > N > S > P > Ca \sim Mg$ . Costa et al. (2010) avaliando a extração de nutrientes em cultivares de *B. brizantha*, verificaram que o K foi o nutriente mais extraído pela fitomassa dos cultivares. Entretanto, os valores obtidos no presente trabalho são superiores aos encontrados pelos referidos autores, em razão da área experimental apresentar teores elevados de potássio no solo, contribuindo sobremaneira para a nutrição desse nutriente (Tabela 2).

Por outro lado, a palhada de plantas invasoras apresentou maior concentração de N, seguida pelo  $K > Ca > S > P \sim Mg$ . Isso se deve em grande parte, ao predomínio de plantas dicotiledôneas na comunidade infestante, que por sua vez, apresentam maior exigência nutricional em N e Ca, quando comparadas às gramíneas, proporcionando maior ciclagem desses quando comparado às forrageiras estudadas (Teixeira et al., 2010).

**Tabela 5.** Produção de matéria seca (MS), acúmulo de macronutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) e concentração de macronutrientes das palhadas de capins do Gênero *Brachiaria* e plantas invasoras<sup>(1)</sup>

Resíduo	MS	Acúmulo						Concentração					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
		----- Kg ha <sup>-1</sup> -----						----- % -----					
<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	17.559ab	224,8ab	14,4ab	1.157,1a	12,3a	12,3ab	29,9a	1,28b	0,08a	6,59a	0,07b	0,07b	0,17ab
<i>B. brizantha</i> cv. Piatã	19.910a	286,7a	19,9a	1.033,3ab	15,9a	17,9a	31,9a	1,44ab	0,10a	5,19a	0,08b	0,09ab	0,16ab
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	16.112b	249,7ab	16,1ab	837,8b	12,9a	16,1ab	24,2b	1,55ab	0,10a	5,20a	0,08b	0,10ab	0,15ab
<i>B. brizantha</i> cv. MG-4	16.488b	250,6a	18,1a	961,3b	16,5a	14,8ab	28,0ab	1,52ab	0,11a	5,83a	0,10b	0,09ab	0,17ab
<i>B. decumbens</i>	16.470b	209,2b	14,8ab	836,7b	14,8a	13,2ab	21,4bc	1,27b	0,09a	5,08a	0,09b	0,08ab	0,13b
<i>B. ruziziensis</i>	10.465c	159,1c	11,5b	627,9c	14,7a	11,5b	17,8c	1,52ab	0,11a	6,00a	0,14b	0,11ab	0,17ab
Plantas invasoras	2.095d	39,2d	2,5c	23,5d	7,3b	2,5c	4,0d	1,87a	0,12a	1,12b	0,35a	0,12a	0,19a

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em contrapartida, a baixa produção de palhada advinda da comunidade infestante resultou em acúmulo, de todos os nutrientes, inferior àqueles observados para as *Brachiarias* (Tabela 5), particularmente quando comparado aos capins xaraés e piatã. Por esse motivo, espera-se maior liberação de nutrientes à cultura agrícola sucessora, notadamente em termos de N e K.

Ressalta-se que a decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos vegetais são potencializadas em condições de elevadas temperaturas aliadas a alta umidade do solo na época das chuvas. Além das condições ambientais, entre os fatores intrínsecos do material depositado na superfície do solo, destacam-se as relações C/N, C/P e C/S (Alvarenga et al., 1987). Valores em torno de 30, 300 e 400, respectivamente, reduzem a taxa de decomposição, proporcionando maior permanência no solo (Moreira & Siqueira, 2006).

Dessa forma, observa-se (Tabela 6) maiores relações para os capins xaraés e *B. decumbens*. Isso se deve a elevada produção de colmos em relação às folhas, que constituem de materiais fibrosos ricos em lignina e celulose, potencializando assim, a redução da taxa de decomposição do material (Kogel-Knabner, 2002).

**Tabela 6.** Relação C/N, C/P e C/S das palhadas de capins do Gênero *Brachiaria* e plantas invasoras<sup>(1)</sup>

Resíduo	Relação		
	C/N	C/P	C/S
<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	38a	568a	318ab
<i>B. brizantha</i> cv. Piatã	29b	394b	265ab
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	32ab	453b	312ab
<i>B. brizantha</i> cv. MG-4	31b	430b	280ab
<i>B. decumbens</i>	37a	576a	340a
<i>B. ruziziensis</i>	30b	392b	277ab
Plantas invasoras	19c	288c	188c

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05); C/N=relação atômica de carbono e nitrogênio; C/P relação atômica de carbono e fósforo; C/S= relação atômica de carbono e enxofre.

Destaca-se ainda que, mesmo o capim-piatã apresentando a maior produção de palhada, esta forrageira possui elevada relação folha/colmo, adicionando ao fato que os capins MG-4 e *B. ruziziensis* apresentam o limbo foliar estreito, que levou as menores



relações C/N e C/P, potencializando a aceleração da decomposição e liberação de nutrientes comparativamente ao capim-xaraés, embora isto não favoreça a atividade da microbiota decompositora, por apresentar valores superiores aos considerados críticos.

## CONCLUSÕES

1. Os capins do Gênero *Brachiaria* apresentam potencial de utilização como plantas de cobertura em áreas agrícolas de regiões tropicais. Entretanto, os capins *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e cv. Piatã proporcionaram maior descompactação biológica do solo, sendo sugeridas como estratégia de manejo na recuperação edáfica em sistemas de integração agricultura-pecuária;
2. O cultivo dos capins *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e cv. Piatã proporcionou melhoria na disponibilidade hídrica para a cultura da soja em sucessão;
3. O capim-xaraés se destacou na produção de palhada, por apresentar elevada produção de resíduos e acúmulo de nutrientes, associado a valores de C/N, C/P e C/S desfavoráveis à decomposição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C. & PACHECO, E.B. Preparo do solo. Informe Agropecuário, v.13, p.40-45, 1987.

ANDRADE, J. G. perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2008. 92p. (Tese de Mestrado).

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo do solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p.(Tese de Doutorado).

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P.; CENTURION, M.A.P.C.; LEONEL, C.L. & FREDDI, O.S. Soil compaction by machine traffic and least limiting water range related to soybean yield. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.11, p.1591-1600, 2008.

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

BLAINSKI, E.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. & GUIMARÃES, R.M.L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.975-983, 2008.

BONELLI, E. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; CAMPOS, J. J.; SCARAMUZZA, W. M. P. & POLIZEL, A. C. Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.3, p.264–269, 2011

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.605-614, 2006.

BUSSCHER, W.J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to common water content. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, v.33, p.519-524, 1990.

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

CAMARGO, O.A. & ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997. 132p

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, n.1, p.37-43, 2012.

COSTA, F.S. ALBUQUERQUE, J.A. BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.527-535, 2003.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; SAMPAIO, F. M. T.; CARRIJO, M. S. & RODRIGUES, C. R. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, v.11, n.2, p.307-314, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2012 e 2013 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Soja Londrina, PR. 2011. 263p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. 212 p.

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.

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

GRABLE, A.R. & SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. *Soil Science Society of America Journal*, v.32, p.180-186, 1968.

KLEIN, V.A. & CAMARA, R.C. Rendimento da soja e Intervalo Hídrico Ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.221-227, 2007.

KOGEL-KNABNER, I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology & Biochemistry*, v.34, p.139-162, 2002.

LANARV, Laboratório de análises de Referência Vegetal, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculados; métodos oficiais. Brasília, 1988, 104p.

LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S. & EUCLIDES, V.P.B. Least limiting water range: a potential indicator of changes in near-surface soil physical quality after the conversion of Brazilian Savanna into pasture. *Soil & Tillage Research*, v.88, p.279-285, 2006.

LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S. & EUCLIDES, V.P.B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.415-423, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARCHÃO, R.L. Integração lavoura-pecuária num latossolo do cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 2009. 153p. (Tese Doutorado).

OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C. & MELLO, C.R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.13, p.265-270, 2007.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V. S. & CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.2, p.327-336, 2004.

PACHECO, L. P.; PIRES F.R.; MONTEIRO, F.P.; PROCÓPIO, 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.

PERES, J. G.; SOUZA, C. F. & LAVORENTI, N. A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.30, n.5, p.875-886, 2010.

REATTO, A.; BRUAND, A.; SILVA, E.M.; MARTINS, E.S. & BROSSARD, M. Hydraulic properties of the diagnostic horizon of Latosol of a regional toposequence across the Brazilian central plateau. *Geoderma*, v.139, p.51-59, 2007.

SERAFIM, M.E.; VITORINO, A.C. T.; PEIXOTO, P.P.P. SOUZA, CRISTIANO M.A. & CARVALHO, D.F. Intervalo hídrico ótimo em um latossolo vermelho distroférrico sob diferentes sistemas de produção. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.28, n.4, p.654-665, 2008.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; COSTA, K.AP., 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, 2011a.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; OLIVEIRA, L.F.C. & CASTRO, M.B. Pressão de preconsoidação e intervalo hídrico ótimo como indicadores de alterações estruturais do solo em decorrência das operações de colheita da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa - MG, v.32, n.4, p.1.419-1.427, 2008.

SILVA, A.P. & KAY, B.D. Effect of Soil Water Content Variation on the Least Limiting Water Range. *Soil Science Society American Journal*, v.61, p.884-888, 1997.

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

SOUSA, D.M. & LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. & TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.533-542, 2004.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; SILVA, C.A.; ANDRADE, M.J.B. & PEREIRA, J.M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.497-505, 2010.

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

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

TORMENA, C. S.; SILVA, A. P.; GONÇASVLE, A. C. A. & FOLEGATTI, M. A. V. Intervalo ótimo de potencial da água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.3, p.286-292, 1999.

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.