

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE *Brachiaria
brizantha* cv. Marandu**

Autor: Gabriel Dante Valle
Orientador: Prof. MSc. Eurico Lucas de Sousa Neto

"Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Zootecnia, apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário de Pontes e Lacerda, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

PONTES E LACERDA
JULHO/2010

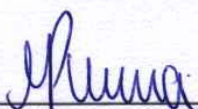
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE *Brachiaria
brizantha* cv. Marandu**

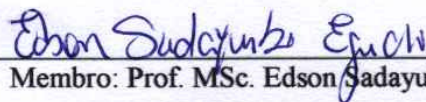
Autor: Gabriel Dante Valle



Orientador: Prof. MSc. Eurico Lucas de Souza Neto



Membro: Profa. Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli



Membro: Prof. MSc. Edson Sadayuki Eguchi

PONTES E LACERDA
JULHO/2010

A minha família, que sempre me apoiou nos momentos de dificuldade,
promovendo subsídios para concretizar os meus sonhos,
tentando assim garantir um futuro honroso pra mim.
À Humberto Reis Valle, meu pai;
À Edna Sueli Dante Valle, minha mãe;
À Gabrielli Dante Valle, minha irmã;
À Italu Faria Valle, meu avô;
À Vera Maria Reis Valle, minha avó por me ajudarem sempre que precisei.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser o criador de todas as coisas, e nos ter proporcionado a vida.

A toda minha família, pelo apoio e dedicação para a conquista deste sonho.

A minha namorada Vanessa Oliveira, por me ajudar e me apoiar neste trabalho.

À Universidade do Estado de Mato Grosso, por ter possibilitado a realização deste trabalho.

A meu amigo Eurides Ventura, e a todos os colegas que contribuíram na execução e auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos Vinícios Hissong Pessoa, Tiago Martins Freire, Amélia Cândida Lacerda, Wancley Antunes, Lara Bernardelli, Diogo Peixoto (Kindão), Claudinei Lara por compartilharem tanto o trabalho quanto o lazer.

Ao Professor Ms. Eurico Lucas de Sousa Neto por ter participado da minha formação acadêmica, orientado e auxiliado no desenvolvimento do meu conhecimento científico e profissional, além da confiança e amizade. Aos professores Ms. Edson Sadayki Eguchi, Dr^a. Maria Aparecida Pereira Pierangeli, por aceitarem participar da banca examinadora deste trabalho e a Dr^a. Jocilaine Garcia por ter auxiliado nas correções deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia e do laboratório de Análise de Solos.

“O sucesso não é o final e o fracasso não é fatal: o
que conta é a coragem para seguir em frente”

Autor: desconhecido

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a relação entre indicadores de qualidade física do solo e a produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho, no município de Pontes e Lacerda, MT, antes na instalação do experimento a área experimental foi submetida a duas gradagens pesadas, sendo uma transversal à outra e em seguida foi feito o nivelamento da área utilizando uma grade niveladora, e em seguida ocorreu a compactação das parcelas utilizando um trator de pneus com peso de 9500 kg. Os tratamentos foram dispostos de forma seqüencial, onde T0 não sofreu compactação; o T1 ocorreu 1 passada do rodado; T2 ocorreu 2 passadas e T3 ocorreu 3 passadas do rodado do trator, sendo que cada tratamento contava com 5 repetições. No dia 18 de dezembro de 2008 foi semeada a lanço na quantidade de 6 kg ha⁻¹ *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. No dia 19 de março de 2009 foram coletadas amostras de forragem utilizando o método da dupla para determinar a produtividade por área, e na mesma data foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada, com anéis volumétricos de 0,06 m de altura e 0,05 m de diâmetro (1x10⁻⁶ m³), nas camadas 0,00 - 0,06 m e 0,06 - 0,12 m para determinação da densidade, macro e microporosidade, e estabilidade de agregados. Três passadas de um trator de 9500 kg proporcionaram aumento da densidade do solo na camada de 0,00 – 0,06 m. Valores de densidade relativa de 0,91 na camada de 0,00 – 0,06 m e de 0,89 na camada de 0,06 – 0,12 m proporcionaram a maior produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A compactação do solo promoveu uma melhor agregação do solo.

Palavras-chave: agregados, compactação, densidade, macro e microporosidade.

ABSTRACT

This study aimed to assess the relationship between indicators of physical soil quality and productivity *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The study was conducted in an Oxisol in the municipality of Pontes e Lacerda, MT, before the experiment in the experimental area was subjected to heavy disking, and a cross to the other and then the leveling was done using a grid area leveling, and then was compression of the plots using a tractor tire with weight of 9500. Os treatments were arranged sequentially, where T0 suffered no compression, the T1 was a wheel pass, T2 was a wheel pass and T3 occurred three passes of the wheeled tractor, and each treatment had 5 reps in February to December 18, 2008 was sown broadcast in the amount of 6 kg ha⁻¹ Marandu *Brachiaria brizantha* cv. On March 19, 2009 forage samples were collected using the method for determining the double the productivity per unit area, and at the same time, samples of undisturbed soil with volumetric rings of 0,06 m tall and 0,05 m in diameter (1x10⁻⁶ m³) at depths from 0,00 to 0,06 I 0,06 to 0,12 m to determine the density, macro and microporosity and aggregate stability. Three passes of a bulldozer provided 9500 kg of increased density of the soil layer from 0,00 to 0,06 m. Values of relative density of 0,91 in the layer from 0,00 to 0,06 from 0,89 in layer I from 0,06 to 0,12 m provided the greatest productivity *Brachiaria brizanh*ta cv. Marandu. Soil compaction promoted better soil aggregation.

Key-words: aggregates, compression, density, macro and microporosity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E CRESCIMENTO DE PLANTAS	11
2.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO.....	13
2.3 ESTABILIDADE DE AGREGADOS	15
2.4 DENSIDADE RELATIVA	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande extensão territorial, e de acordo com dados divulgados em 2008 pela Associação dos Criadores de Mato Grosso (ACRIMAT), conta com aproximadamente 200 milhões de hectares de pastagens, onde apenas o estado de Mato Grosso detém aproximadamente 26 milhões de hectares de pastagens cultivadas.

A evolução das áreas de pastagem cultivada no Brasil, principalmente na região Centro – Oeste, elevou-se consideravelmente com a introdução das forrageiras do gênero *Brachiaria* e seus cultivares em função de sua adaptabilidade as condições de solo e clima da região (BARCELLOS, 1996).

Entretanto, segundo Severiano et al. (2003), apesar das pastagens serem à base da alimentação animal na bovinocultura de corte, com o passar dos anos têm se notado uma rápida e acentuada queda de produção e isso se deve a falta de adoção de práticas conservacionistas do solo e de um manejo adequado.

Em se tratando de solo, além da fertilidade outro fator que pode proporcionar queda na produtividade das culturas é a compactação. Segundo Carter (1990) citado por Klein (2006), a principal forma de compactação do solo é de origem antrópica (oriunda do tráfego de máquinas e implementos agrícolas sobre o solo e o pisoteio animal), haja visto que esta reduz a porosidade e aumenta a resistência do solo à penetração das raízes.

Nas regiões de cerrado, as altas temperaturas e precipitações promovem a rápida decomposição da matéria orgânica, refletindo em menor estruturação e porosidade do solo e, conseqüentemente em maior compactação (BEUTLER et al., 2005).

Em pastagens, a compactação pode estar associada às altas pressões exercidas pelo pisoteio de animais, induzindo ao aumento de densidade do solo, diminuição da porosidade total, e modificações na estabilidade e tamanho dos agregados, sendo que o grau dessas alterações nos atributos do solo depende da intensidade do pisoteio, da umidade e tipo do solo (IMHOFF, 2000).

Para que se possa adotar estratégias para um manejo sustentável dos sistemas de produção é necessário que se entenda a conheça a qualidade física do solo, no que se refere às condições ideais para que o solo funcione corretamente, e isso depende da interação de processos químicos, físicos e biológicos (REICHERT, 2003). Ainda segundo o autor, a qualidade física do solo pode ser avaliada por meio da densidade do solo, macro e

microporosidade, estabilidade de agregados, resistência a penetração e infiltração da água no solo.

De acordo com Klein (2006) a densidade relativa (D_r) é um indicador da qualidade estrutural do solo, esta consiste na divisão entre a densidade do solo no campo (D_s) e a densidade resultante da máxima compactação obtida em laboratório (D_m) pelo teste de Proctor ou outros métodos de compressão.

A D_r tem sido utilizada para caracterizar o estado de compactação do solo, sendo esta menos influenciada pelas características dos minerais e independe do tipo e granulometria do solo, a qual elimina as diferenças de resposta das culturas entre os solos, permitindo compará-los quantitativamente (BEUTLER et al., 2005).

Estudos realizados por Beutler et al (2005) em Latossolo Vermelho, mostram que valores de D_r acima de 0,86 são considerados altos e prejudiciais ao desenvolvimento das culturas e abaixo de 0,80 podem afetar a produção de alguns cereais devido a menor capacidade de retenção de água do solo. Já para Torres e Saraiva (1999), valores de D_r acima de 0,84 em Latossolo Vermelho já podem acarretar decréscimo da produtividade da soja.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a relação entre indicadores de qualidade física do solo e a produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A redução da produtividade das pastagens tem sido relacionada ao manejo inadequado da fertilidade do solo, das espécies forrageiras exploradas e da taxa de lotação animal, que podem comprometer a qualidade física do solo (OLIVEIRA et al., 2003).

Costa (2000), estudando o efeito do pisoteio animal sobre atributos físicos do solo constatou destruição mecânica dos agregados e compactação da camada superficial. De acordo com estudos realizados por Imhoff (2000), a pressão do casco dos animais sobre o solo pode comprometer a qualidade física do solo na camada superficial, em razão do aumento da densidade do solo e da redução da porosidade.

O revolvimento do solo, em muitos dos casos necessários por causa da compactação, elimina as plantas espontâneas e rearranja as partículas do solo, provocando uma maior aeração e infiltração de água logo após o preparo, no entanto, promove alterações na densidade e reduz a estabilidade de agregados, principalmente dos macroagregados, aumentando os riscos de erosão (ALBUQUERQUE et al., 2005).

2.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E CRESCIMENTO DE PLANTAS

Os solos minerais são constituídos por uma mistura de partículas sólidas de natureza mineral e orgânica, ar e água, formando um sistema trifásico: sólido, gasoso e líquido, cujas partículas sólidas variam bastante em forma, tamanho e composição química e a combinação dessas e suas várias formas possíveis formam a chamada matriz do solo (REINERT et al., 2006). Ainda segundo os autores, duas propriedades físicas, hierarquicamente mais importantes, referem-se à textura do solo, que é definida pela distribuição do tamanho das partículas e a estrutura do solo definida pelo arranjo das partículas em agregados.

De acordo com Neves Junior (2005), a composição granulométrica é uma propriedade física de grande importância no solo, pois controla a retenção de água e nutrientes e as trocas gasosas, sendo a propriedade que mais influencia a maioria das outras propriedades e os processos do solo, além de sofrer poucas alterações através do tempo em determinado tipo de solo.

Segundo Reinert et al (2006), a estrutura do solo se dá pela formação de agregação do solo, sendo que um solo que apresenta melhor estrutura suporta melhor a precipitação e a ação de máquinas agrícolas e também permite uma melhor produção vegetal.

Os agregados são unidades secundárias formadas pela combinação de partículas minerais com substâncias orgânicas e inorgânicas, em decorrência das cargas elétricas superficiais das partículas coloidais. A dinâmica complexa da floculação das partículas sólidas e agregação do solo é resultado da interação de vários fatores, incluindo ambientais, manejo do solo, influência da planta e propriedades do solo, como textura, composição mineral, teor de carbono orgânico, processos pedogenéticos, atividade microbiana, íons trocáveis, reserva de nutrientes e umidade (MELO et al., 2008).

A estabilidade de agregados expressa à resistência a desagregação que os agregados apresentam quando submetidas às forças que tendem a rompê-los, sendo uma medição de estreita relação com a habilidade de um solo em resistir à erosão (LONGO., 1999).

Dois são os principais mecanismos envolvidos no aumento da estabilidade de agregados pela ação da matéria orgânica do solo. O primeiro pela formação de ligações de materiais orgânicos com as partículas minerais ou pela ação física de raízes ou hifas de fungos o segundo se dá pela ação da matéria orgânica do solo na diminuição da entrada de água no agregado, reduzindo, assim, sua quebra pela expulsão instantânea do ar. Este último processo é também conhecido como repelência à água ou hidrofobicidade do agregado (TISDALL e OADES, 1982 citado por BASTOS et al., 2005).

O tamanho, a forma e a agregação das partículas e dos respectivos espaços vazios constituem a estrutura de um solo. Esta característica exerce influência na aeração e na capacidade de retenção e conseqüentemente na fertilidade do solo. Um solo em que a circulação da água e do ar seja facilitada permite o transporte de nutrientes dissolvidos, essenciais às plantas, assim como a respiração da fauna e da flora (ROSA JÚNIOR et al., 2006).

Dos fatores relacionados diretamente ao crescimento vegetal, a água é uma das principais variáveis, haja visto que, tanto a deficiência quanto o excesso de água são limitantes para o desenvolvimento radicular, pois seu excesso desloca o ar dos poros, causando assim deficiência de oxigênio e conseqüentemente redução de funcionamento e crescimento ou até mesmo a morte das raízes, exceto em espécies adaptadas. Já a deficiência severa de água no solo, pode cessar o desenvolvimento radicular, inibindo a absorção de água e nutrientes. Sendo assim pode-se dizer que qualquer modificação na umidade do solo

provoca alterações na aeração, densidade, macro e micro porosidade e formação de agregados (NEVES JÚNIOR, 2005).

Segundo Imhoff (2000), a densidade do solo (D_s) e a umidade são parâmetros físicos que podem ser medidos rotineiramente, e a partir do conhecimento de qualquer um deles, pode-se estabelecer o limite crítico do outro. Estudos realizados por Neves Júnior (2005), quando comparados com os de Moraes (1995), mostram que os valores de D_s em áreas de pastagem aumentam gradativamente ano a ano, principalmente nos primeiros 0,05 m de profundidade.

A intensa desestruturação do solo devido ao manejo inadequado pode provocar a formação de uma camada compactada abaixo da camada arável, traduzindo-se em um aumento da D_s e drástica redução da macroporosidade, na aeração e na quantidade de água disponível para as plantas (CARVALHO JUNIOR, 1995).

Segundo WOHLBERG et al. (2004), quanto maior a D_s , maior será a resistência à penetração e com isso gradativamente o alongamento das raízes será afetado, consequentemente afetando a sustentação da planta e o suprimento de água e nutrientes.

De acordo com Reinert et al. (2006), a porosidade é inversamente proporcional à D_s e muito importante para o desenvolvimento radicular e movimento de água e ar no solo, sendo classificada em micro e macroporosidade, sendo os microporos responsáveis pela retenção e armazenamento de água no solo e os macroporos pela aeração e maior contribuição na infiltração de água no solo.

2.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

Segundo Beutler et al. (2008), a qualidade física do solo diminui com a ocorrência da compactação, principalmente pelo tráfego de máquinas e implementos, reduzindo assim o volume total de poros, infiltração, aeração e consequentemente diminuindo o desenvolvimento e produtividade das culturas.

A qualidade física do solo não pode ser medida diretamente, mas é avaliada pelos indicadores de qualidade física do solo como densidade, porosidade, resistência do solo à penetração de raízes e conteúdo de água, os quais influenciam o desenvolvimento e a produção das culturas. Com o uso e manejo inadequado do solo poderá haver redução do

volume e aumento densidade do solo, resultando na compactação do solo, comprometendo os limites críticos dos indicadores de qualidade física do solo para o desenvolvimento e produção de culturas anuais e permanentes (FIDALSKI, 2008).

A estrutura do solo é um dos indicadores de qualidade física mais importante para o crescimento das plantas, podendo ser avaliado por meio da densidade do solo, micro e macroporosidade, estabilidade de agregados, resistência a penetração e infiltração da água no solo, sendo que a mensuração destes indicará o efeito do manejo sobre a estrutura do solo (CAMPOS et al., 1995). Ainda segundo o autor, a avaliação da estrutura do solo pode ser avaliada quanto à forma dos agregados, que pode ter a forma de bloco, prismática, granular ou laminar.

De acordo com Aguiar (2008), a densidade do solo relaciona-se com a estrutura, uma vez que esta é função do arranjo e orientação das partículas do solo, assim como da quantidade e geometria dos espaços porosos, podendo, portanto ser utilizada como indicador de qualidade física do solo.

A resistência do solo à penetração e a densidade do solo são utilizadas principalmente para definir níveis a partir dos quais o solo está compactado e requer medidas corretivas. Por ser a resistência do solo à penetração dependente da umidade, textura, mineralogia e matéria orgânica, a densidade do solo tem sido utilizada como propriedade de referência para monitorar a compactação do solo. Essa, por sua vez, depende do peso, da forma e distribuição do tamanho e arranjo das partículas de solo, sendo a amplitude de valores para solos minerais de 1,1 a 1,6 Mg m^{-3} , com valores superiores para solos arenosos (KIEHL, 1979).

Reinert et al (2006) citam como restritivas ao crescimento radicular valores de Ds em torno de 1,65 Mg m^{-3} para solos arenosos e 1,45 Mg m^{-3} para solos argilosos, corroborando com Felipe (2008), que avaliando a influência da Ds na produtividade de cana-de-açúcar em Argissolo obteve valor médio de 1,65 Mg m^{-3} , enquanto Kiehl (1979) considera ideal para Argissolo quando a Ds está entre 1,0 e 1,2 Mg m^{-3} .

Para um bom desenvolvimento vegetal, a presença de agregados com diâmetro entre 1 e 10 mm é considerada ideal, propiciando retenção de água suficiente para o desenvolvimento de microorganismos e raízes (SIQUEIRA et al., 1994).

A matéria orgânica também é considerada um dos melhores indicadores de qualidade do solo, exercendo influência direta sobre a agregação e indiretamente sobre as demais propriedades físicas do solo (REICHERT, 2003).

A manutenção da matéria orgânica do solo é bastante importante, do ponto de vista físico-químico, dado que contribui para a manutenção da sua estrutura, melhora a infiltração e a retenção da água, aumenta a capacidade de troca, contribuindo para o acréscimo da produtividade (ROSA JÚNIOR et al, 2006).

2.3 ESTABILIDADE DE AGREGADOS

Os agregados do solo são compostos de partículas primárias (argila, silte e areia) e orgânicas que se aderem umas as outras (CARPENEDO e MIELNICZUCK, 1990). Ainda segundo eles a presença de agregados estáveis potencializa a capacidade de armazenagem de água, diminui as perdas de nutrientes e partículas pelo processo erosivo e facilita o acúmulo de matéria orgânica.

A agregação do solo pode sofrer alterações permanentes ou temporárias, demonstrando variação cíclica provocada por praticas de manejo de solo e culturas (CAMPOS et al., 1999).

Na maioria dos casos, o uso intensivo do solo de forma inadequada causa redução da estabilidade dos agregados, facilitando a erosão. Segundo Tisdall e Oades (1982, citado por BASTOS et al., 2005), o cultivo intensivo, aliado à alta taxa de revolvimento, é responsável pela redução do conteúdo de matéria orgânica do solo, que é um dos principais agentes de formação e estabilização dos agregados.

Segundo Campos et al (1995), a influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico, sendo necessário o acréscimo de material orgânico para manter a estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas. Sistemas de manejo de solo e de cultura adequadamente conduzidos, proporcionam o aporte de material orgânico por meio de resíduos vegetais, além da ação benéfica das raízes das plantas e proteção oferecida à superfície do solo.

Estudos realizados por Roth (1991) constataram que manejos que mantêm o solo descoberto diminuem a estabilidade de agregados, acarretando num encrostamento superficial, reduzindo a infiltração de água e conseqüentemente, induzindo à erosão por enxurrada.

O sistema de manejo de semeadura direta proporciona maior tamanho de agregados estáveis em água, quando comparado ao preparo convencional, possivelmente pela não-destruição dos agregados causada pelos implementos de preparo e pela proteção que a palha oferece à superfície do solo (ELTZ, 1989).

De acordo com Letey et al (1985) citado por Wohlenberg et al (2004), existe um estreito relacionamento entre as condições físicas do solo e o desenvolvimento de vegetais, sendo que a qualidade da estrutura do solo influi no crescimento de raízes que promove o crescimento vegetal, e pode resultar em maiores rendimentos. De modo geral, as plantas, pela ação de suas raízes e parte aérea, podem recuperar solos degradados, sendo algumas espécies mais eficientes do que outras.

Segundo Alisson (1973) citado por Wohlenberg et al (2004), as plantas exercem significativo benefício na agregação, pois apresentam raízes finas que se ramificam pelo solo, pressionando as raízes e predispondo a formação de agregados. Além disso, removem continuamente a água, criando secamento nas regiões próximas a elas e, pela exsudação, fornecem alimento para microorganismos da rizosfera que, direta ou indiretamente, influenciam a agregação, corroborando com Kiehl (1979), que afirma que a vegetação é um fator importante para a formação de agregados devido a ação mecânica das raízes ou pela secreção de substâncias cimentantes, o que indiretamente forneceria nutrientes à fauna do solo.

De acordo com Haynes e Beare (1997), citados por Beutler et al (2005), em solos cultivados com leguminosas, como a soja, o maior grau de estabilidade de agregados é semelhante ao de solos cultivados com gramíneas, que possuem maior quantidade de raízes finas, e isso ocorre principalmente devido à maior biomassa e ao comprimento das hifas de fungos que atuam como uma rede envolvendo os agregados menores em macroagregados, confirmando os resultados obtidos por Carpenedo e Mielniczuck (1990), os quais defendem que o tipo de vegetação também influencia na estruturação do solo, pois as gramíneas são mais eficientes do que as leguminosas em aumentar e manter a estabilidade de agregados por apresentarem um sistema radicular extenso e renovado constantemente. No entanto, esses mesmos autores ressaltam a importância do uso de leguminosas devido à sua capacidade de fixar nitrogênio ao solo e conseqüente aumento da taxa de decomposição dos resíduos, devido a menor relação carbono-nitrogênio no solo.

A prática de deixar o solo descoberto causa a degradação de sua estrutura, tanto pelo impacto da gota de chuva quanto pelo pisoteio animal ou mecânico devido à diminuição do

teor de matéria orgânica, o que consequentemente acarretará em aumentando dos agregados de menor tamanho (WOHLENBERG et al., 2004).

2.4 DENSIDADE RELATIVA

A propriedade denominada densidade relativa do solo tem sido utilizada para caracterizar o estado de compactação, que é menos influenciada pelas características dos minerais no solo e independe do tipo e granulometria do solo (HAKANSSON e LIPIEC, 2000, citados por BEUTLER et al, 2005), sendo a densidade relativa (D_r) calculada pela divisão da densidade do solo (D_s) pela densidade máxima (D_m) que este solo pode atingir, sendo que a densidade máxima pode ser obtida por meio do teste de Proctor.

Torres e Saraiva (1999), utilizando o teste de proctor para obter a D_m em Latossolo Vermelho cultivado dois anos com soja, constataram que a partir da D_r de 0,84, ocorreu queda de produção. Já Beutler et al. (2005), encontraram o valor de D_r de 0,80 como sendo limitante para a soja em Latossolo Vermelho de textura média, contradizendo Klein (2002), que cita valores de D_r de 0,72 a 0,84 como sendo ótimas para o desenvolvimento das plantas.

Klein (2006) cita estudos realizados em solos arenosos por Carter (1990), o qual obteve máximo rendimento de cereais quando a D_r se manteve entre 0,77 e 0,84. Ainda segundo o autor, em solos sob plantio direto, um valor de D_r de 0,89 já começa afetar o desenvolvimento das plantas principalmente por deficiência de aeração do solo, acarretada pela redução do volume de macroporos.

De acordo com Sá (2005), estudos realizados por Hankanson e Lipiec em 2000, demonstraram que a D_r isola o efeito da textura na densidade do solo, permitindo comparar solos de diferentes texturas quanto ao grau de compactação. Ainda segundo Sá (2005), pesquisas realizadas em Minas Gerais mostraram que em alguns solos, a produtividade pode melhorar com o aumento da compactação até certo nível, quando começa a decrescer, enquanto em outros tipos de solo, o maior grau de compactação reduz linearmente a produtividade.

Hankanson (1990), citado por Klein (2006), constatou que em solos da Suécia foram obtidos rendimento máximo de cevada quando a D_r se encontrava próxima a 0,87,

apresentando ainda alguns ajustes desse valor em função da textura e teor de carbono, destacando que a textura pouco influencia no valor da Dr.

Alves et al. (2003) observaram que em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, a produção de matéria seca do feijoeiro aumentou até Dr de 0,70 e diminuiu a partir desse valor, quando comparado a um solo de estrutura preservada, enquanto em Latossolo Vermelho Distroférrico, a produção reduziu linearmente em função do aumento do grau de compactação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental (Figura 1) da Universidade do Estado de Mato Grosso, em Pontes e Lacerda – MT, com coordenadas geográficas: 15°13' de latitude sul e 59°20' de longitude oeste, com altitude média de 254 acima do nível do mar. O clima da região é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, tropical, com chuvas concentradas no verão (outubro a abril), período seco bem definido durante a estação de inverno (junho a setembro). A precipitação pluviométrica durante a condução do experimento é apresentada na Figura 2. O solo do local foi classificado como um Latossolo Vermelho cuja composição granulométrica na camada de 0,00 – 0,20 cm é de 180,5 g kg⁻¹ de argila, 67,7 g kg⁻¹ de silte e 751,8 g kg⁻¹ de areia.



Figura 1. Campus Universitário de Pontes e Lacerda. O destaque em vermelho representa o local onde foi realizado o experimento (Fonte: Google Earth).

Antes da instalação do experimento, foram realizadas duas gradagens pesadas, sendo uma transversal à outra e em seguida foi feito o nivelamento da área utilizando uma grade niveladora. Feito isso, realizou-se então a demarcação das parcelas e em seguida a compactação das mesmas utilizando um trator de pneus com peso de 9500 kg (Figura 3), com

os quatro pneus de mesma largura (0,4 m) e pressão interna, passando o rodado de forma que os rastros ficassem paralelos um ao outro, perfazendo toda a superfície do solo, tomando o cuidado para que ao final da parcela uma lateral não sobreponha o rastro da outra.

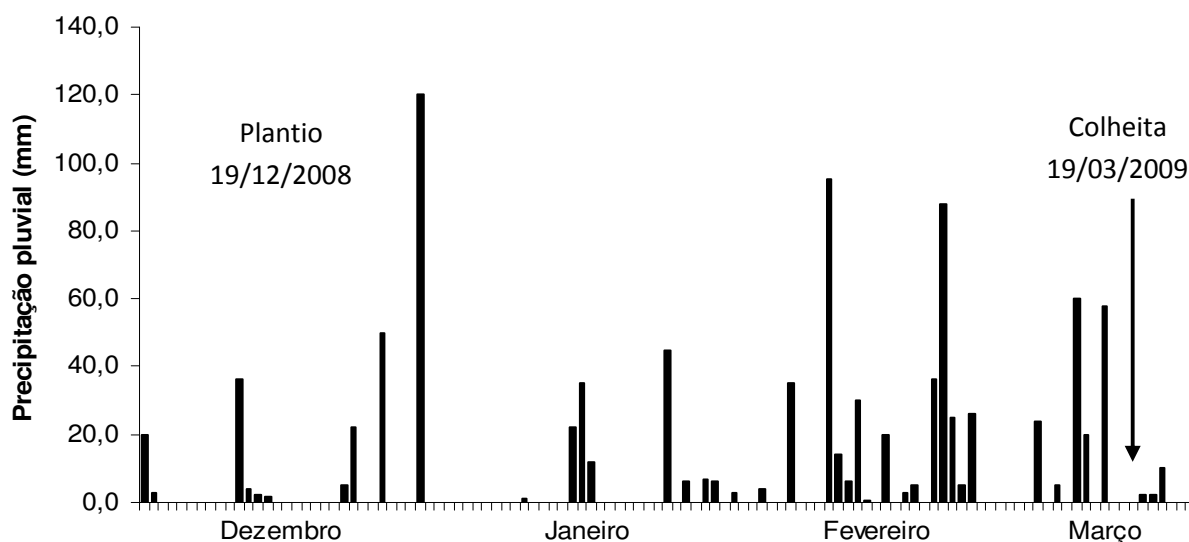


Figura 2. Precipitação diária durante a condução do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 e 5 repetições. Os fatores em estudo foram níveis de compactação do solo (4) e camadas (2), sendo que cada parcela útil possuía 25 m².

Os tratamentos foram dispostos de forma seqüencial, onde T0 foi o testemunha, ou seja, não sofreu compactação; o T1 ocorreu 1 passada do rodado; T2 ocorreu 2 passadas e T3 ocorreu 3 passadas do rodado do trator, sendo que cada tratamento contava com 5 repetições.

No dia 18 de dezembro de 2008 foi semeada a lã na quantidade de 6 kg ha⁻¹ *Brachiaria brizantha* cv Marandu, sendo seguido de uma leve incorporação. Durante a condução do experimental realizou-se todos os tratos culturais recomendados para a cultura.

No dia 19 de março de 2009 foram coletadas amostras de forragem utilizando o método da dupla amostragem. O material da dupla amostragem foi cortado rente ao solo, com auxílio de uma ceifadora em uma área 0,25 m² sendo posteriormente acondicionadas em sacos de papel.

As amostras de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu passaram pelo processo de pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60⁰ C por 72 horas até obtenção do peso constante e determinação da matéria seca (MS).



Figura 3. Trator utilizado para compactação do solo e implantação do experimento.

Na ocasião da coleta de forragem também foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada, com anéis volumétricos de 0,06 m de altura e 0,05 m de diâmetro ($1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$), nas camadas 0,00 - 0,06 m e 0,06 - 0,12 m. Em seguida as amostras foram saturadas durante 24 h e submetidas às tensões de 0,006 MPa em mesa de tensão conforme (EMBRAPA 1997) sendo posteriormente secas em estufa a 105°C por 24 horas para determinação da densidade do solo (Ds). A microporosidade (Mi) foi obtida no conteúdo de água retido na tensão de 0,006 MPa, a porosidade total (Pt) segundo EMBRAPA (1997) e a macroporosidade (Ma) pela diferença entre Pt e Mi.

Para determinação da estabilidade de agregados, foram coletadas duas amostras por parcela, sendo uma na camada de 0,00 – 0,06 m e outra de 0,06 – 0,12 m. A coleta foi realizada com o auxílio de pá-de-corte e colher de pedreiro, sem destruir os torrões, que foram colocados dentro de sacos plásticos e, posteriormente secos ao ar.

No preparo das amostras, os torrões foram desmanchados manualmente, tomando-se o cuidado para não destruir os agregados; em seguida, foram tamisados em peneiras de 4,75; 2,00; 1,00; 0,212 e 0,180 mm. Em cada jogo de peneiras, amostras de agregado com 50 g foram colocada sobre a peneira de malha maior, contendo um papel de filtro para retenção do solo até que ela fosse saturada por capilaridade. A saturação por capilaridade foi obtida por meio da elevação do nível da água do tamisador até que ela tocasse o papel de filtro. Depois de saturado, o papel foi retirado com auxílio de uma mangueira de água de baixa pressão, em

seguida foi acionado o tamisador por 15 minutos, com movimento vertical de 30 oscilações por minuto. Após o término das oscilações, o conteúdo retido em cada uma das peneiras foi transferido para outro recipiente e sêco em estufa a 105 °C por 24 horas e, em seguida foi pesado. Todos os procedimentos foram realizados de acordo com EMBRAPA (1997).

A densidade máxima do solo foi determinada em amostras deformadas coletadas na camada de 0,0-0,020 m e passadas em peneira de 4,0 mm. Para determinação da densidade máxima do solo utilizou-se o teste de Proctor normal com 560 kPa, sem reuso de material, segundo metodologia descrita por Nogueira (1998). A D_r foi obtida pela divisão da densidade do solo pela densidade máxima do solo obtida no teste de Proctor.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando significativa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Realizou-se análise de regressão entre os valores de densidade relativa e produtividade de *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi constatada diferença significativa para a porosidade total em função dos tratamentos cujos valores médios foram igual a $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, corroborando com os valores encontrados por Neves Junior (2005), que avaliando a qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia encontrou valor médio de $0,41 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para porosidade total no mesmo tipo de solo deste experimento e nas mesmas camadas avaliadas.

Quanto a Ma e Mi as mesmas não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos nas camadas de 0,00 – 0,06 m e de 0,06 - 0,12m (Tabela 1), discordando com Beutler et al (2003), que em experimento semelhante e em mesmo tipo de solo, verificaram que apenas uma passagem do trator refletiu em redução da macroporosidade, pois Jakobsen e Greacen (1985) citados pelos autores, afirmam que a maior parte dos danos ocorre nas primeiras passadas das máquinas, e à medida que aumenta o número de passadas no mesmo local, ocorre menor aumento da compactação, devido a maior resistência a deformação dos poros de menor diâmetro em relação aos macroporos, fato este que explica não ter havido diferença significativa na macroporosidade em ambos os tratamentos e camadas avaliadas.

Na camada de 0,00-0,06 m, o tratamento T0, sem compactação, apresentou os menores valores de densidade do solo, o qual foi estatisticamente diferente aos demais tratamentos que apresentaram comportamento idêntico. Porm na camada de 0,06 -0,12 m os maiores valores de densidade do solo foram constatados no tratamento T3 (3 passadas do rodado do trator) (Tabela 1).

Rosolem (1994) estudando a influência da compactação subsuperficial e produtividade de soja, observou diminuição no crescimento radicular a partir da $D_s 1,25 \text{ Mg dm}^{-3}$, porém não houve diferença na produtividade da parte aérea, fato este que pode ser explicado devido a boa disponibilidade de água e nutrientes no solo.

Em relação às camadas estudadas a única diferença estatística significativa foi constatada no T3, com 3 passadas do rodado do trator, o qual apresentou o maior valor de densidade do solo na camada de 0,06-0,12 m ($1,62 \text{ Mg dm}^{-3}$), fato este observado devido a área ter sido preparada com grade aradora em anos anteriores.

As diferenças entre os valores de D_s observadas nas áreas podem ser resultados do efeito que o manejo provoca nos teores de matéria orgânica do solo, uma vez que menor teor de matéria orgânica leva a maior D_s (MARCOLIN, 2006), embora não se tenha avaliado o teor de matéria orgânica neste trabalho.

Tabela 1. Valores dos atributos físicos do solo nos tratamentos e camadas avaliados.

Tratamento	Densidade do Solo	Porosidade Total	Macroporosidade	Microporosidade
	Mg m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³
0,00 – 0,06 m				
T0	1,40 Ab	0,47 Aa	0,27 Aa	0,20 Aa
T1	1,51 Aa	0,42 Aa	0,24 Aa	0,18 Aa
T2	1,57Aa	0,41 Aa	0,21 Aa	0,20 Aa
T3	1,52Ba	0,42 Aa	0,23 Aa	0,19 Aa
0,06 – 0,12 m				
T0	1,46 Ab	0,45 Aa	0,27 Aa	0,18 Aa
T1	1,50 Ab	0,43 Aa	0,24 Aa	0,19 Aa
T2	1,53 Ab	0,42 Aa	0,27 Aa	0,14 Aa
T3	1,62 Aa	0,39 Aa	0,23 Aa	0,16 Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas entre camadas e minúsculas entre tratamento não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Lopes et al (2006), estudando a influência do tráfego de máquinas na compactação do solo, observaram que na profundidade de 0-0,15 m, mesmo a máquina trafegando vazia na mesma trilha, afetou a Ds e passando duas vezes carregada causou compactação a ponto de inibir o desenvolvimento radicular do eucalipto. Essa compactação da subsuperfície é, de acordo com vários autores, causada devido a pouca presença de matéria orgânica nas camadas em torno de 0,10 m de profundidade, tendo em vista que esta funciona como uma espécie de “colchão”, amortecendo o peso imposto sobre o solo.

Trein (1991), ao aplicar uma carga animal num Argissolo Vermelho do Rio Grande do Sul sob pastagem cultivada de inverno (aveia preta + trevo) verificaram compactação na camada de 0,07 m com aumento nos valores de Ds de 1,39 para 1,56 Mg dm⁻³, antes e após a realização do pastejo, respectivamente.

Não houve diferença significativa na Dr entre os tratamentos avaliados, porém, houve diferença estatística na produtividade, sendo que o tratamento T2 apresentou a maior produtividade (Tabela 2).

Estudos realizados por Beutler et al (2005), observaram valores de Dr de 0,84 como ótimo para produtividade de soja em Latossolo Vermelho, estando de acordo com os resultados deste trabalho, haja visto que a braquiária é mais resistente que a soja.

Tabela 2. Valores de densidade relativa (Dr) e produtividade de *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu).

Tratamento	Densidade Relativa		Produtividade kg ha ⁻¹
	0,00-0,06 m	0,06-0,12 m	
T0	0,81 a	0,85 a	1581,25 d
T1	0,88 a	0,86 a	3307,80 c
T2	0,91 a	0,89 a	8961,20 a
T3	0,88 a	0,94 a	5799,00 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Os resultados do presente trabalho contradizem os do trabalho realizado por Klein (2006), que em Latossolo Vermelho encontrou o valor da Dr de 0,71 como ótimo para culturas tropicais, tendo em vista que nos resultados deste trabalho a menor produtividade foi obtida com a menor Dr (0,81 a 0,85) e a maior produtividade foi com Dr em torno de 0,90.

Estudos conduzidos por Reichert (2003) também em Latossolo Vermelho, apresentam como limite restritivo uma Dr de 0,96, muito acima de qualquer limite apresentado na literatura.

Beutler et al (2008) em Latossolo Vermelho, observaram que a partir da Dr de 0,80 a produtividade de soja começou a decrescer e em Latossolo Roxo a produtividade de soja começou a decair a partir da Dr de 0,87, contradizendo Beutler et al (2005) que cita valores de Dr de 0,84 como ótimo para produtividade de soja em Latossolo Vermelho. Ainda segundo os autores, para solos de clima temperado, valores de Dr acima de 0,86 são considerados elevados e prejudiciais ao desenvolvimento das culturas e abaixo de 0,80 afetam negativamente a produção de alguns cereais por reduzir a capacidade de armazenamento de água no solo.

A partir da Dr de 0,81 houve um ligeiro decréscimo de produtividade e a partir da Dr de 0,85 observou-se que a produtividade se elevou atingindo seu máximo na Dr em torno de 0,90, corroborando com Carter (1990) citado por Klein (2006), que em experimentos com plantio direto observou o equilíbrio da produtividade com Dr próximo a 0,89 e que valores acima podem afetar a produtividade de culturas tropicais, e que na condição natural preservada no Latossolo Vermelho a Dr é de 0,67 (Figura 4).

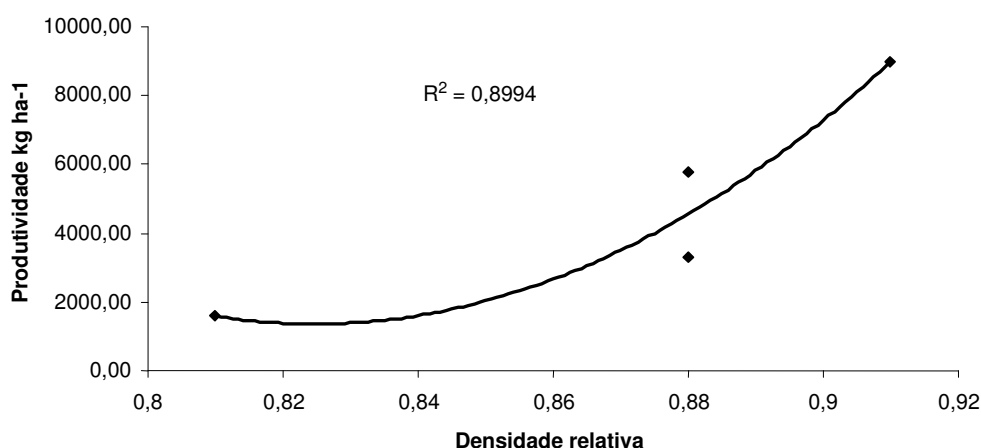


Figura 4. Densidade relativa e produtividade de *Brachiaria Brizantha* cv. Marandú

Os tratamentos T0 e T1 apresentaram comportamento diferenciado aos demais tratamentos apenas na classe de agregados <0,180 mm, na camada superficial (0,00 - 0,06 m), sendo estes responsáveis pelos maiores valores (Tabela 3).

A estabilidade de agregados decorre da aproximação e cimentação das partículas do solo mediante atuação de diversas substâncias de natureza mineral e orgânica, por meio de mecanismos físicos, químicos e biológicos. A intensidade desses mecanismos influencia a resistência das unidades estruturais ante as forças desagregantes, que podem ser advindas por meio de implementos agrícolas, do impacto das gotas de chuva, pelo fluxo de água, e/ou pela entrada de água nos agregados (SILVA e MIELNICZUK, 1997).

Segundo estudos realizados por Salton et al (2008), macroagregados formados por processos físicos de operações de máquinas e equipamentos ou pelo pisoteio animal, podem ser estáveis. Contudo, segundo o autor, o que confere maior estabilidade aos agregados são agentes cimentantes ligados a aspectos biológicos, como a atividade microbiana, liberação de exsudatos por raízes, crescimento e funcionamento das raízes, crescimento e morte dos tecidos.

De acordo com Oades (1978), Hayres e Beare (1997), citados por Beutler et al (2005) o maior contato do solo com as raízes favorecem para maior atividade de microorganismos e de hifas de fungos que são os principais responsáveis pela formação e estabilidade de agregados. Brady e Weil (1999), também citados pelos autores, mencionam que os exsudatos das raízes e dos microorganismos são resistentes à dissolução em água, favorecendo a

manutenção da estabilidade dos agregados por longos períodos, sendo mais evidentes na camada superficial do solo.

Assim, nos três meses de condução do experimento, os fatores de formação e estabilização dos agregados atuaram com maior intensidade no solo levemente compactado (Dr 0,91) com duas passadas do trator, corroborando com Guber et al (2004) citado por Beutler et al (2005), que obteve menor quantidade de agregados < 4,76 mm em solo trafegado com trator de 8000 kg.

No solo mais compactado (T3) que apresenta Dr de 0,88 na camada superficial, e 0,94 na subsuperficial, também foi observada a formação de macroagregados, o que segundo Beutler (2004) pode ser associado ao menor desenvolvimento de raízes finas e a distribuição do sistema radicular, associados à menor aeração do solo, que acarreta em menor atividade dos microorganismos do solo e oxidação da matéria orgânica.

Tabela 3. Valores médios da estabilidade de agregados por tratamento e por camadas de um Latossolo Vermelho.

Camada (m)	Tratamento			
	T0	T1	T2	T3
4,76 mm (%)				
0,00 – 0,06	69,93 Aa	68,80 Aa	73,49 Aa	74,93 Aa
0,06 – 0,12	62,92 Aa	72,93 Aa	73,88 Aa	77,30 Aa
2,00 mm (%)				
0,00 – 0,06	7,64 Aa	8,49 Aa	5,93 Aa	6,52 Aa
0,06 – 0,12	10,14 Aa	7,14 Aa	7,84 Aa	6,49 Aa
1,00 mm (%)				
0,00 – 0,06	6,01 Aa	3,80 Aa	4,99 Aa	4,07 Aa
0,06 – 0,12	6,84 Aa	4,81 Aa	4,24 Aa	4,19 Aa
0,212 mm (%)				
0,00 – 0,06	13,81 Aa	16,88 Aa	14,69 Aa	13,30 Aa
0,06 – 0,12	18,43 Aa	14,07 Aa	12,65 Aa	10,95 Aa
< 0,180 mm (%)				
0,00 – 0,06	2,60 Ba	2,02 Ba	0,87 Aa	1,16 Aa
0,06 – 0,12	1,65 Aa	1,03 Aa	1,37 Aa	1,06 Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas entre tratamentos e minúscula entre camadas, na mesma classe de agregados, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O fato de os solos mais compactados terem apresentado os melhores resultados pode estar possivelmente relacionado ao grande aporte de matéria orgânica no solo, haja visto que na área foi observada uma grande presença de palhada.

Silva et al (1998) avaliando a estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho – escuro argiloso do Cerrado, observaram maiores valores para a cultura do milho após *B. ruziziensis* em comparação à milho após outras espécies de adubos verdes, apesar de o solo submetido ao preparo convencional.

Albuquerque et al (2005), estudando a estabilidade de agregados em diferentes sistemas de preparo do solo, observou maior estabilidade de agregados na camada 0,05 - 0,10 m comparada à camada de 0,00 – 0,05 m no plantio convencional, o que segundo Carpenedo e Mielczuk (1990), pode estar relacionado com a maior coesão dos macroagregados proporcionada pela aproximação das partículas em operações de preparo do solo.

5 CONCLUSÃO

Três passadas de um trator de 9500 kg proporcionaram aumento da densidade do solo na camada de 0,00 – 0,06 m.

Valores de densidade relativa de 0,91 na camada de 0,00 – 0,06 m e de 0,89 na camada de 0,06 – 0,12 m proporcionaram a maior produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, embora três passadas do trator não tenha alterado significativamente a Dr.

A compactação do solo promoveu uma melhor agregação do solo na porcentagem de agregados < 0,180 mm, cuja estabilidade diminuiu com as passadas do trator.

Contudo, nota-se que os atributos físicos do solo interferem na produtividade da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e que existe uma carência de resultados no meio científico ligado a esta área.

REFERÊNCIAS

ACRIMAT - Acrimat apoia monitoramento da pecuária em MT e diz que pecuarista não é vilão do desmatamento. Disponível em: <<http://acrimat.org.br/novosite/noticias/255>> Acesso em: 02/06/2010.

AGUIAR, M.I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. Viçosa: UFV. publicação 2008. 91p. Disponível em: <<http://www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/0811820794.pdf>> Acesso em 01/08/2009.

ALBUQUERQUE, J.A. et al. Relação de atributos do solo com a agregação de um latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, p. 415 – 424, 2005.

ALVES, V.G. et al. Concentração de micronutrientes na parte aérea do feijoeiro em função da compactação do solo e classes de solos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p.44-53, 2003.

BARCELLOS, A.O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., Brasília, DF, 1996. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA — CPAC, 1996. p.130-136.

BASTOS, R.S. et al. Formação e estabilização de agregados do solo influenciado por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 21-31, 2005.

BEUTLER, A. N. et al. Influência da compactação e do cultivo de soja nos atributos físicos e na condutividade hidráulica em latossolo vermelho. **Irriga**, Botucatu, v.8, n. 3, p. 242 – 249, set – dez, 2003.

BEUTLER, A.N. et al. Densidade do solo relativa e parâmetro “S” como indicadores da qualidade física para culturas anuais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.8, n.2, 2008.

BEUTLER, A.N. et al. Densidade relativa ótima para a produtividade de soja em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 843-49, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n6/28953.pdf>> Acesso em: 02/06/2010.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P. Intervalo hídrico ótimo e a produção de soja e arroz em dois Latossolos. *Irriga*, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 181-92, 2004.

CAMPOS, B.C. et al. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.386-391, 1999.

CAMPOS, B.C. et al. Estabilidade estrutural de um latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.121-126, 1995.

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

CARVALHO JÚNIOR, I. Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em latossolo de textura média, sob diferentes usos. Viçosa, MG: UFV, 1995. 83p. Tese de Mestrado.

COSTA, O.V. **Impacto animal sobre o componente abiótico do solo**: Ciclagem de nutrientes e compactação. Viçosa: UFV, 2000. 30p.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeitos de sistema de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.259-267, 1989.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

FIDALSKI, J.; MARUR, C.J.; TORMENA, C.A. Respostas fisiológicas da laranjeira “Pêra” aos sistemas de manejo de cobertura permanente do solo nas entrelinhas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1307-1317, 2008.

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

KIEHL, E. J.; **Manual de Edafologia**: relações solo-planta. Piracicaba – SP, Editora Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V.A. Densidade relativa - um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.26-32, 2006.

LONGO, R.M.; ESPINDOLA, C.R.; RIBEIRO, A.I.; Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.276-280, 1999.

LOPES, S.E., et al. Compactação de um latossolo submetido ao tráfego de “Clambunk”. *Scientia Floretalis*. N.72. p.23 – 28, 2006.

MARCOLIN, C.D. **Propriedades físicas de um Nitossolo e Latossolos Argilosos sob plantio direto**. 2006. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) FAMV-UPF. Passo Fundo, 2006.

MELO, V.F. et al. Caracterização química e mineralógica de agregados de diferentes classes de tamanho de Latossolos Brunos e Vermelhos localizados no Estado do Paraná. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.32, p.67-83, 2008.

MORAES, J.F.L. **Propriedades do solo e dinâmica da matéria orgânica associadas às mudanças do uso da terra em Rondônia (RO)/Brasil**. 1995. 69p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

NEVES JUNIOR, A. F. **Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia**. 2005. 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

NOGUEIRA, J.B. **Mecânica dos solos**. Ensaio de Laboratório. São Carlos: EESC-USP, 1998. 248p.

OLIVEIRA, P.P.A. et al. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (15N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.613 - 620, 2003.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A.; Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, Ribeirão Preto. Palestras: **SBCS**, 2003 (CD-ROM).

REINERT, D. J. et al. Qualidade física dos solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16, 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. CD-ROM.

ROSA JÚNIOR, E. J. et al. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo, **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.1, p.37-44, 2006.

ROSOLEM, C.A.; ALMEIDA, A.C.S.; SACRAMENTO, L.V.S.; **Sistema readicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. VI. Adubação e nutrição de plantas** 1994. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Bragantia/volume/5302/530216.pdf>> Acesso em 14/10/09.

ROTH, C.H.; CASTRO FILHO, C.; MEDEIROS, G.B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.241-248, 1991.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. **Compactação do solo: conseqüências para o desenvolvimento vegetal**. Planaltina: Embrapa-Cerrados, 26p, 2005.

SALTON, J. C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.32, p.11 – 21, 2008.

SEVERIANO, E. C. et al. Alterações estruturais do solo e produção de *Brachiária decumbens* em latossolo do cerrado submetido ao sistema barreirão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2003, Goiânia – GO. **Anais...** Goiânia: UFG. CD – ROM. 4p. Disponível em: < <http://br.geocities.com/moraesmf/pastagem2003.pdf> >. Acesso em 19/08/2009.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.113-117, 1997.

SILVA, M.L.N. et al. Estabilidade e resistência de agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.97-103, 1998.

SIQUEIRA, J. O. et al. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 1994. 142 p. (Documento, 45).

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina, Embrapa Soja, 1999. 58p. (Circular Técnica, 23)

TREIN, C.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 15:105-111, 1991

WOHLENBERG, E.V. et al. Dinâmica de agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.28, p. 891 – 900, 2004.