

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS E
DESENVOLVIMENTO DE SOJA TRANSGÊNICA SOB
SISTEMAS DE SEMEADURA DIRETA**

MILENA SOTO MAGGIONI

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2011**

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS E
DESENVOLVIMENTO DE SOJA TRANSGÊNICA SOB
SISTEMAS DE SEMEADURA DIRETA**

MILENA SOTO MAGGIONI
Engenheira Agrônoma

Orientador: PROF. DR. EDGARD JARDIM ROSA JUNIOR

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2011

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

633.34 Maggioni, Milena Soto.
M193a Atributos físicos e químicos e desenvolvimento de
soja transgênica sob sistemas de semeadura direta /
Milena Soto Maggioni. – Dourados, MS : UFGD, 2011.
31 f.

Orientador: Prof. Dr. Edgard Jardim Rosa Junior.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) –
Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Soja – Cultivo. 2. Soja transgênica. 3. Cultura
de soja. I. Título.

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS E DESENVOLVIMENTO DE SOJA
TRANSGÊNICA SOB SISTEMAS DE SEMEADURA DIRETA**

por

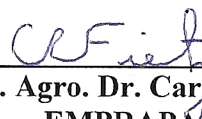
Milena Soto Maggioni

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do
título de MESTRE EM AGRONOMIA**

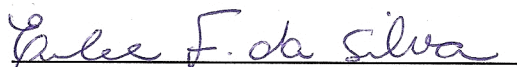
Aprovada em: 30/03/2011



Prof. Dr. Edgard Jardim Rosa Junior
Orientador – UFGD/FCA



Eng. Agro. Dr. Carlos Ricardo Fitz
EMPRAPA - CPAO



Profª Drª. Eulene Francisco da Silva
UFGD/FCA

Ao meu marido Cedrick

Aos meus pais Ildo e Suzana

Aos meus irmãos Roberta e Giuseppe

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ele ter me iluminado em todos os momentos e decisões em minha vida;

A Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação pela oportunidade concedida e incentivo a formação de novos profissionais;

A Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante o período da realização desse trabalho;

Ao professor Dr. Edgard Jardim Rosa Junior, pela orientação, amizade, e oportunidade;

Às professoras Dr^a. Yara Brito Chaim Jardim Rosa e Dr^a. Eulene Francisco da Silva, co-orientadores desta dissertação, por sua ajuda, interesse, sábias idéias e muita paciência;

Aos funcionários da Faculdade de Ciências Agrárias Laura Priscila Toledo Bernal, João Augusto Machado da Silva, Matheus, Nilda Tiyoko Kobayashi Hoffmann e Carla Andréia Schneider pelo auxílio na obtenção dos dados e correção do manuscrito em inglês;

Aos funcionários da fazenda Ademilson, Leandro, Jean, Elcio, Anderson e ao meu primo Fernando que tanto me ajudaram, a minha gratidão;

Aos meus pais, Ildo e Maria Suzana Maggioni pelo amor, apoio e dedicação incondicional, aos meus irmãos Roberta e Giuseppe, pela amizade e companheirismo;

Ao meu marido Cedrick, pela sua ajuda, paciência e amor estando ao meu lado sempre;

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para que este trabalho fosse concretizado.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. MATERIAS E MÉTODOS.....	7
3. RESULTADOS E DISCUSSAO.....	12
3.1. Atributos físicos do solo.....	12
3.2. Atributos químicos do solo.....	17
3.3. Atributos de planta e cobertura do solo.....	22
4. CONCLUSÃO.....	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	28

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
TABELA 1. Valores dos teores de argila, silte e areia, de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso, em diferentes profundidades. Dourados-MS.UFGD, 2011.....	11
TABELA 2. Densidade do solo (DS), porosidade total (PT), argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF) e agregados maior e menor que 2 mm (AGR<2mm e AGR<2mm) de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso, em diferentes profundidades. Dourados-MS. UFGD, 2011.....	13
TABELA 3. Valores de pH em H ₂ O, carbono orgânico total (COT), cálcio (Ca ⁺²), magnésio (Mg ⁺²), H+Al, fósforo (P), potássio (K), capacidade de troca catiônica (T), soma de bases (SB), e V (%), de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso, em diferentes profundidades. Dourados-MS. UFGD, 2011.....	19
TABELA 4. Produtividade de soja RR (Prod), massa seca (MS), e cobertura mortal do solo aos 20 dias (Cob20), cobertura morta média (CM), e altura de plantas em diferentes profundidades, de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso. Dourados – MS. UFGD. 2011.....	22
TABELA 5. Coeficientes de correlação (r) e probabilidade (p) entre atributos físicos, químicos e produtividade de Soja transgênica cultivada em Latossolo Vermelho distroférico sob sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso. Dourados – MS. UFGD, 2011.....	24
TABELA 6. Comprimento de raízes de soja transgênica, em diferentes profundidades, de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso. Dourados – MS. UFGD, 2011.....	25

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Dados pluviométricos e temperatura coletados na fazenda em Ponta Porã no período da safra da soja de Outubro, Novembro Dezembro de 2009 a Janeiro e Fevereiro de 2010.....	7
FIGURA 2. Resistência do solo à penetração (MPa) em um Latossolo Vermelho distroférico, determinada com 24 kg kg ⁻¹ de água no solo (A) e com 21 kg kg ⁻¹ de água no solo (B) em função do sistema de semeadura direta sob diferentes histórico de uso em diferentes profundidades. Dourados – MS. UFGD, 2010	16

RESUMO

Maggioni, Milena Soto. Universidade Federal da Grande Dourados, março de 2011. **Atributos físicos e químicos e desenvolvimento de soja transgênica sob sistemas de semeadura direta.** Orientador: Edgard Jardim Rosa Junior. Co-Orientador: Eulene Francisco da Silva.

Como alterações do solo, resultantes do manejo aplicado, podem influenciar negativamente o desenvolvimento da cultura da soja, trabalhou-se em um Latossolo Vermelho distroférico com textura argilosa, com o objetivo de avaliar os atributos químicos e físicos em três sistemas de semeadura direta, com diferentes históricos de uso, no desenvolvimento de soja transgênica. O experimento foi desenvolvido em condições de campo, em uma propriedade rural localizada no município de Ponta Porã – MS. Os atributos químicos e físicos considerados foram determinados nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 e 25-30 cm. Os atributos físicos determinados foram: as densidades do solo, porosidade total, argila dispersa em água e grau de floculação, agregados maiores e menores que dois mm de diâmetro, determinados via seca e resistência a penetração. Os atributos químicos avaliados foram: pH em H₂O, os teores de potássio, alumínio, cálcio e magnésio trocáveis, fósforo disponível, soma de bases, CTC, V%, e determinação do carbono total. Avaliou-se na cultura da soja a produtividade, altura das plantas, estande e comprimento de raízes. Determinou-se ainda a cobertura morta e biomassa superficial. Os tratamentos consistiram em semeadura direta SD1 (cultivo agrícola contínuo), SD2 (nove anos com pastagem e 27 anos com cultivo agrícola) e SD3 (19 anos com pastagem e 17 anos com cultura agrícola). Em todos os sistemas houve compactação chegando a mais alta a 3,7 MPa na camada de 15-20 cm no SD1 com o conteúdo de água em 24 kg kg⁻¹ e a 4,9 MPa quando o conteúdo de água baixou para 21 kg kg⁻¹. Mesmo nesses valores de compactação não houve prejuízos sobre a produtividade da cultura. A produtividade da soja correlacionou positivamente com os atributos químicos estudados com exceção da acidez trocável.

Palavras-chave: densidade do solo, compactação, plantio direto

ABSTRACT

Maggioni, Milena Soto. Universidade Federal da Grande Dourados, March de 2011. **Physical and chemical attributes and soybean transgenic development in latossol under direct sowing system.** Adviser: Edgard Jardim Rosa Junior. Co-adviser: Eulene Francisco da Silva.

As soil alterations, that result from applied management, can influence negatively soybean crop development, it was done a work in Rhodic Hapludox (Oxisol), clay texture, with the aim of evaluating chemical and physical attributes in three direct sowing system, with different history of using on the development of transgenic soybean. The experiment was carried out at field conditions, in a rural property located in Ponta Porã, MS.

Chemical and Physical attributes were determined in depths of 0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25 and 25-30 cm. Determined physical attributes were: soil densities, total porosity, clay disperse in water and flocculation degree, larger and smaller than two mm of diameter of aggregates, dried phase and penetration resistance. Evaluated chemical attributes were: pH in H₂O, contents of exchangeable potassium, aluminum, calcium and magnesium, sum of bases, CTC, V% and total carbon determination. Soybean crop and yield, plant height, stand and length of roots were evaluated. It was also determined mulching and superficial biomass. Treatments consisted in direct sowing SD1 (continuous crop), SD2 (nine years with pasture and 27 years with crop) and SD3 (19 years with pasture and 17 years with crop). For every system there was compaction, which reached 3.7 MPa, the highest in 15-20 layer in SD1, with water content in 24 kg kg⁻¹ and 4.9 MPa when water content reduced to 21 kg kg⁻¹. Even in those compaction values there was not damage on crop yield. Soybean yield correlated positively with studied chemical attributes, except to exchangeable acidity.

Keywords: soil density, compacting, no tillage.

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a produção de transgênicos está difundida em praticamente todas as regiões agrícolas do planeta, e a adoção da biotecnologia pelos produtores atinge níveis nunca alcançados por outras tecnologias em toda história da agricultura. No ano de 2009, as culturas modificadas geneticamente foram cultivadas por mais de 14 milhões de agricultores, em 134 milhões de hectares, distribuídos em 25 países. O Brasil ocupa o segundo lugar entre os países com maior área cultivada com transgênicos no mundo, cerca de 21,4 milhões de hectares, atrás apenas dos Estados Unidos com 62,5 milhões de hectares (Carrer et al., 2010).

Avanços na biotecnologia possibilitaram a criação de variedades de soja transgênica resistentes ao herbicida glifosato, designadas de soja RR. Esta tecnologia proporcionou o uso deste herbicida como pós-emergente na soja, com reconhecida eficácia e amplo espectro de controle de plantas daninhas. O sistema de cultivo da soja RR é bastante similar ao cultivo convencional, diferenciado apenas pela utilização de sementes geneticamente modificadas e pela possibilidade do uso de um herbicida não seletivo como pós-emergente. Com relação ao aspecto econômico, a análise de custo de produção realizado por Menegatti e Barros et al. (2007) para o Estado de Mato Grosso do Sul, demonstrou que o gasto com herbicidas da soja transgênica é inferior ao gasto da soja convencional, além de ter menor custo por hectare de mão-de-obra, e aumento na produtividade de grãos.

As áreas cultivadas com soja transgênica sob o sistema plantio direto (SPD) vêm aumentando gradativa e sucessivamente no Estado de Mato Grosso do Sul. Estudos realizados em várias áreas agrícolas relataram que SPD apresenta tendência à compactação na camada subsuperficial (0,07-0,15 m), que pode ser evidenciada pelo aumento da densidade do solo nessa camada (SILVA et al., 2000; STONE e SILVEIRA, 2001; SECCO et al., 2009). O processo de compactação é preocupante para o cultivo da soja transgênica, pois aumenta a densidade e com isso uma impedância para o crescimento radicular, diminuição da oxigenação, especialmente, em condições de baixa umidade. Dessa forma, o mapeamento dos seus atributos físicos, numa área agrícola, é de fundamental importância, tanto para a recomendação de práticas de manejo, como para a avaliação dos efeitos da agricultura sobre a qualidade ambiental (ANDREOTTI et al., 2010).

Assim, a compactação é um processo importante, principalmente quando atinge limites críticos, ou seja, quando diminui a quantidade de água disponível e prejudica o crescimento radicular, confinando as raízes acima da camada compactada ou em partes do perfil. Associada a física do solo, deve-se avaliar a capacidade do solo de fornecer nutrientes às plantas, avaliada por meio da análise química do solo. Esse enfoque químico da fertilidade contribuiu muito para o desenvolvimento da soja transgênica, principalmente quando cultivadas em Latossolos, os quais são submetidos a intenso intemperismo e lixiviação, o que o torna ácido, pobre em nutrientes e com altos teores de ferro e alumínio.

Os atributos químicos e físicos dos solos são modificados, principalmente na camada arável com o cultivo de soja transgênica, em virtude da adição de corretivos e fertilizantes e de operações agrícolas. Assim, objetiva-se com esta dissertação avaliar atributos químicos e físicos e o desenvolvimento da soja transgênica em três sistemas de semeadura direta, em função do histórico dessas áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOTTI, M.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; BASSO, F. C.; PARIZ, C. M.; AZENHA, M. V.; VERCESE, F. Produtividade da soja correlacionada com a porosidade e a densidade de um Latossolo Vermelho do cerrado brasileiro. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 40, n. 3, p. 520-526, 2010.
- CARRER, H.; BARBOSA A. L.; RAMIRO, D. A. **Biotecnologia na agricultura**. Estudos avançados, São Paulo-SP, v. 24, n. 70, p. 149-164, 2010.
- MENEGATTI, A.L.A.; BARROS, A.L.M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, São Paulo-SP, v. 45, n. 1, p. 163-183, 2007.
- SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 39, n. 1, p. 58-64, 2009.
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 24, n. 3, p.191-199, 2000.
- STONE, L. R.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, n. 2 p. 395-401, 2001.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de soja transgênica resistente ao herbicida glifosato vem se destacando no cenário agrícola do Estado de Mato Grosso do Sul devido ao menor custo com o controle de plantas daninhas, redução da mão-de-obra, e aumento da produtividade de grãos, quando comparado com o cultivo da soja convencional. A soja transgênica vem sendo cultivada principalmente em semeadura direta (SD) na sucessão soja/milho (MENEGATTI e BARROS, 2007). Entretanto, a SD pode compactar o solo e alterar a estrutura pelo acúmulo de pressões impostas pelos pneumáticos de máquinas agrícolas (BOTTA et al., 2006; BOTTA et al., 2008) e, dessa forma, influenciando o fluxo de gases e água no solo, causando aumento na resistência do solo à penetração (RP), diminuindo o crescimento radicular e de plântulas e a produtividade das diversas culturas (SECCO et al., 2009 e DALCHIAVON et al., 2011).

Com a utilização do plantio direto tem-se verificado a tendência de haver compactação em camadas subsuperficiais do solo, que podem variar na localização no perfil e na intensidade. Dentre essas observações verificou-se que Rosa Junior (2000) comprovou a presença de adensamento na camada de 0,08-0,16 m de profundidade. Já Stone e Silveira (2001) verificaram aumento na intensidade de compactação na camada de 0,07-0,15 m, evidenciado pelo aumento da densidade do solo nessa camada. Secco et al. (2009) observaram que os maiores valores de densidade do solo (1,62 e 1,54 Mg m⁻³) e resistência penetração das raízes (3,4 e 3,8 MPa), respectivamente determinados em Latossolo Vermelho distrófico e distroférico, cultivados sob sistema plantio direto, ocorreram na camada de 0,07-0,12 m. Esses autores também constataram que os níveis de compactação do solo nos dois Latossolos reduziram o rendimento de grãos na cultura do milho e trigo, mas não o rendimento da soja convencional. Vários estudos atuais relatam a influencia do sistema de manejo e da física do solo no desenvolvimento e produção de cultura da soja (DALCHIAVON et al., 2011; SOUZA et al., 2010; LIMA et al., 2010; SECCO et al., 2005; 2004), todavia os resultados foram obtidos com o cultivo de soja com variedades convencionais e não transgênicos.

Com o advento e rápido desenvolvimento nos estudos que disponibilizam cultivares de soja transgênica torna-se necessário, notadamente para os Latossolos estudos que ofereçam, para os mais variados solos e condições de manejo, meios para se verificar o efeito da fertilidade do solo e, especialmente, o incremento da produtividade

potencial desses solos, o que só é possível quando se associa, em estudos de fertilidade do solo, os atributos físicos dos mesmos.

Com a manutenção da arquitetura de poros pela permanência intacta dos restos de raízes das culturas, a ação da meso e macro fauna na fragmentação desses resíduos e na formação de galerias, por sua vez, influem na aeração e na movimentação descendente da água, produzindo trocas mais intensas e contribuindo para melhorar a agregação do solo em sistema de plantio direto. Tisdall & Oades (1982) mostraram que a matéria orgânica exerce papel importante na formação e estabilização dos agregados do solo, pelas ligações de polímeros orgânicos com a superfície inorgânica por meio de cátions polivalentes.

As alterações em atributos químicos e físicos dos solos ocorrem principalmente na camada arável, e podem decorrer da adição de corretivos e fertilizantes e de operações agrícolas diversas. Silva et al., (2000) constataram em solo Podzólico Vermelho Amarelo, em sistema de plantio direto, que houve maior densidade de raízes na camada (0-10 cm) de profundidade e correlacionaram essa característica vegetal positivamente com os atributos químicos estudados. Por outro lado, Silva e Silveira (2002) quando avaliaram o efeito de quatro sistemas agrícolas em características químico-físicas de um Latossolo Vermelho distrófico, observou-se que, em função dos sistemas agrícolas utilizados sendo alternâncias entre rotações com arações e gradagem ou área com rotação em plantio direto se obteve efeitos diferenciados sobre a distribuição de nutrientes no perfil concentrando os maiores teores principalmente entre os teores $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, P e K nos dois anos de cultivo nas camadas superficial (0-5 cm) na área com rotação milho-feijão em plantio direto contínuo e em sua estrutura com o aprofundamento das camadas diminuía o teor dos nutrientes e maior agregação. Cavalcante et al. (2007) estudando a variabilidade espacial dos atributos químicos em Latossolo Vermelho sob diferentes condições de uso e manejo observaram valores baixos para pH em todos os sistemas de usos e manejos estudados, já para os valores de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e V% foram baixos apenas na área de cerrado e pastagem e oscilaram de médio a alto para os sistemas plantio direto e preparo convencional profundidades de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m.

A maioria dos trabalhos compara diferentes sistemas de manejo, todavia, não se tem relatos de pesquisas que avaliem o uso da semeadura direta em uso sob diferentes históricos de uso desse solo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos

químicos e físicos e o desenvolvimento e produtividade da soja transgênica em três sistemas de semeadura direta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na safra agrícola 2009/10, em uma fazenda localizada no município de Ponta Porã - MS, situada nas coordenadas 22° 44' 47,40" S e 55° 31' 33,34" W, com altitude média de 559 m e declive médio de 1,5%. O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é considerado como Cwa, com temperatura média anual de 18 °C. Durante a condução do experimento se obteve valores de precipitação pluviométrica coletadas na propriedade, respectivamente para os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro (Figura 1). O solo das áreas experimentais foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico com textura de argilosa (EMBRAPA, 2006).

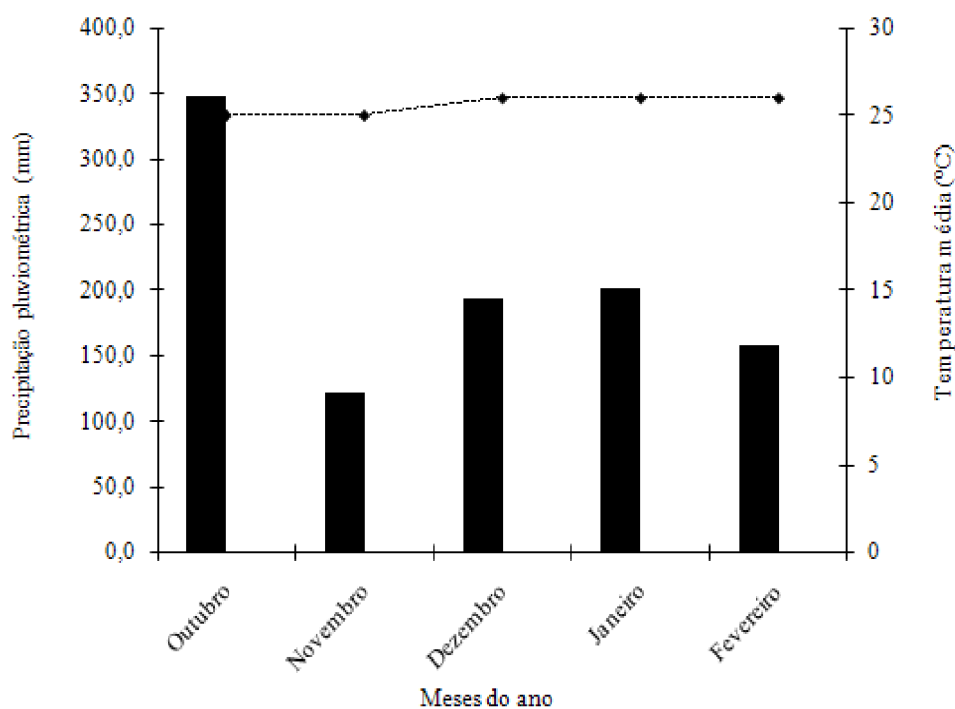


FIGURA 1. Dados pluviométricos e temperatura coletados na fazenda em Ponta Porã no período da safra da soja de Outubro, Novembro Dezembro de 2009 a Janeiro e Fevereiro de 2010.

A pesquisa foi realizada em sistemas produtivos explorados comercialmente e conduzidos tendo-se como referência uma área de mata nativa. Os sistemas agrícolas de manejo utilizados foram três sistemas de semeadura direta com diferentes históricos de uso. Para as avaliações de densidade, porosidade total, argila dispersa em água e grau de floculação e a distribuição de agregados e raízes, e atributos químicos foi utilizado o seguinte modelo: $Y_{ijk} = \mu + A_i + \text{rep}(A)_{ik} + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$ em que μ : média geral

do experimento; A: sistemas de manejo ($i = 1,2,3,4$); B: profundidades ($j = 1,2,3,4,5,6$); e E: erro experimental. Na análise dos dados da resistência a penetração foi feito regressão. O histórico dos sistemas de manejo utilizado foi: Para o semeadura direta 1 (**SD1**) localizado a 1045 m equidistante da mata nativa, o cultivo iniciou-se em 1974 cultivando arroz nos dois primeiros anos e a partir de 1976, foram semeados de forma convencional (uma aração e uma gradagem) e apenas a partir de 1995, iniciou-se o sistema de semeadura direta, com sucessão soja/aveia/milho e soja/milho, soja/milheto/milho, com predomínio da soja no verão e no inverno varia milho, aveia e milheto totalizando 36 anos de cultivo.

O semeadura direta 2 (**SD2**), localizada a 500 m da mata nativa iniciou cultivo em 1975 com cultivou-se arroz nos dois primeiros anos, sendo posteriormente cultivado a sucessão soja (verão) e milho (no inverno) em sistema convencional por 11 anos. Em 1986, iniciou-se a implantação de pastagem com *Brachiaria brizanta*, sendo no manejo da pastagem utilizado em média duas cabeças de gado nelore por hectare por ano, utilizados como gado de corte (recria e engorda). Em 1995, foi iniciada a semeadura direta, com sucessão soja/aveia/milho e soja/milho, soja/milheto/milho, com predomínio da soja no verão e no inverno varia milho, aveia e milheto, totalizando nove anos com pastagem e 27 anos com cultivo agrícola.

A semeadura direta 3 (**SD3**), localizada a 150 m da mata nativa, também se iniciou em 1975, com cultivo de arroz nos dois primeiros anos, sendo posteriormente implantada a pastagem por 19 anos, com braquiária (*Brachiaria brizanta*). A lotação média de animais para essa pastagem foi de quatro cabeças de gado nelore por hectare por ano, utilizados como gado de corte (recria e engorda). Em 1996 foi iniciada a semeadura direta, utilizando-se em sucessão, as mesmas culturas utilizadas no sistema **SD2**, totalizando 19 anos com pastagem e 17 anos com cultura agrícola. Todas as áreas começaram quase que no mesmo período o plantio direto totalizando 16 anos nesse sistema.

O ecossistema utilizado como referencia foi a área de vegetação natural foi a mata nativa (**MN**), caracterizada como área de reserva, sem ação antrópica.

Nos três sistemas de semeadura direta, procedeu-se a semeadura da soja em novembro de 2009 sobre palhada de milho, utilizando-se a variedade de soja transgênica cujo nome comercial é Vmax (NK7059RR), denominada soja RR de maturação precoce e habito de crescimento indeterminado, as sementes foram tratada com fungicidas metalaxil+fludioxonil, (1 mL de p.c. kg^{-1} de semente), e inseticida imidaclopride,

produto comercial (2,5 mL de p.c. kg^{-1} de semente), respectivamente para controle de doenças e pragas de solo. Após o tratamento as sementes foram inoculadas com inoculante líquido calculado para se obter 1.10^6 células por semente.

O espaçamento utilizado nas entre linhas foi de 0,45 m e a semeadora foi regulada para se obter uma população de 16 plantas mL^{-1} . Foi utilizado 320 kg ha^{-1} do fertilizante 02-20-18 + micronutrientes, sendo 220 kg ha^{-1} em pré-plantio aplicado a lanço e 100 kg ha^{-1} em cobertura com o uso de um distribuidor de fertilizantes Tornado 1300. O controle de plantas daninhas foi realizado por duas vezes, utilizando-se $3,5 \text{ L ha}^{-1}$ de glifosato + 300 mL ha^{-1} de 2,4 D.

As amostragens de solo para a determinação dos atributos físicos e químicos foram realizadas nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25 e 25-30 cm. Em cada ponto de amostragem, foram abertas nas entrelinhas trincheira de $40 \times 40 \times 50 \text{ cm}$ (largura, comprimento e profundidade, respectivamente) para coleta dos materiais de solo nas profundidades acima descritas. Os atributos físicos determinados foram: as densidades do solo, porosidade total, argila dispersa em água e grau de floculação de acordo com Claessen (1997) e a distribuição de agregados, determinados via seca, separando os agregados em maiores e menores que 2,00 mm de diâmetro de acordo com Grohmann (1960). O teor de argila, silte e areia das áreas estudadas foram analisadas a cada profundidade estudada obtendo os resultados na tabela 1. Determinou-se ainda a resistência do solo à penetração, utilizando-se o penetrógrafo "Soilcontrol SC60", estando o conteúdo médio de água nos solos em estudo em 24 kg kg^{-1} (PEN24) e 21 kg kg^{-1} (PEN21). Para essas avaliações considerou-se as profundidades de 2,5; 7,5; 12,5; 17,5; 22,5 e 27,5 cm, as quais correspondiam às médias de cada uma das profundidades utilizadas para a amostragem e posterior determinação dos atributos do solo.

Os atributos químicos avaliados foram: pH em água os teores de potássio, alumínio, cálcio e magnésio trocáveis; fósforo disponível e a Soma de bases, CTC, V%, de acordo com Claessen (1997). A determinação do carbono (COT) foi realizada pelo método de oxidação via úmida, com aquecimento externo, proposto por Yeomans & Bremner (1988).

Durante o ciclo total da cultura, que foi de aproximadamente 115 dias, determinou-se a biomassa superficial a cada 21 dias, a partir de sua semeadura. Essa fitomassa foi obtida pela coleta dos materiais orgânicos da superfície com auxílio de um gabarito de $1,0 \text{ m}^2$, lançado aleatoriamente na área. Esses materiais eram ensacados e secos em estufa com circulação forçada de ar sob temperatura a 65°C , até atingir peso

constante. A cobertura do solo foi determinada utilizando-se o método proposto por Sloneker e Moldenhauer (1977).

No florescimento pleno das plantas de soja, determinou-se sua altura máxima, medindo-se o espaço entre superfície do solo e a inserção da última folha. Na mesma época, determinou-se o comprimento radicular, o qual foi obtido nas mesmas profundidades de amostragem para os atributos do solo, seguindo-se a metodologia adaptada por Rosa Junior (2002). Ao final do ciclo da cultura foi realizada a colheita manual, coletando-se as plantas de duas linhas de 3 metros, em seis pontos dentro de cada parcela de 50 x 50 m e, após a remoção do resíduo, os grãos foram pesados e a umidade dos grãos foi corrigida para 13% base úmida.

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância e quando significativos, os fatores qualitativos foram comparados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade e os quantitativos por meio de regressão utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2003).

TABELA 1. Valores dos teores de argila, silte e areia, de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso, em diferentes profundidades. Dourados-MS. UFGD, 2011.

Profundidade (0 – 5 cm)			
Uso do solo	Argila (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Areia (g kg ⁻¹)
SD1	307,88	205,21	486,90
SD2	349,12	146,71	504,15
SD3	310,64	127,22	562,13
MN	269,20	277,86	452,92
Profundidade (5 -10 cm)			
SD1	290,72	215,85	493,42
SD2	335,06	138,18	526,74
SD3	285,29	145,75	568,97
MN	290,95	208,26	500,78
Profundidade (10 – 15 cm)			
SD1	285,18	221,19	493,62
SD2	292,92	159,70	547,36
SD3	279,10	127,66	593,22
MN	274,90	155,54	569,54
Profundidade (15 – 20 cm)			
SD1	297,56	229,08	473,35
SD2	369,39	128,97	501,63
SD3	285,46	147,93	566,60
MN	319,44	175,46	505,08
Profundidade (20 – 25 cm)			
SD1	283,90	220,44	495,65
SD2	338,70	131,22	530,07
SD3	265,13	167,65	567,21
MN	276,99	199,96	523,04
Profundidade (25- 30 cm)			
SD1	276,55	231,99	491,44
SD2	334,23	145,77	519,99
SD3	278,57	157,91	563,50
MN	301,11	163,50	535,37

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Atributos físicos do solo

O sistema de semeadura direta que permaneceu mais tempo com pastagem, com 19 anos (SD3), com exceção da camada de 0-5 cm de profundidade, foi o único sistema que apresentou densidades do solo (DS) iguais às ocorrentes na mata nativa (MN) em todas as camadas analisadas até 30 cm de profundidade (Tabela 2). Esse tratamento proporcionou, entretanto, densidades do solo iguais às obtidas ao SD2, excetuando-se à obtida nas camadas de 10-15 e 25-30 cm de profundidade (Tabela 2). Teoricamente o SD3, em função desses menores valores de densidade do solo, especialmente em relação ao SD1, deveria ter proporcionado as melhores condições ambientais para o desenvolvimento das plantas de soja. Os dados obtidos de densidade do solo se contrapõem, no entanto, aos resultados alcançados por Rosa Junior et al. (1988), que observaram que atributos físicos teriam efeitos restritivos sobre o desenvolvimento da soja com o tempo de uso e em função do manejo utilizado grade intermediária mais grade niveladora. Talvez essa não concordância de resultados possa ter ocorrido em decorrência de valores diferenciados de argila entre os solos utilizados, pois no solo em questão, os teores de argila máximos são da ordem de 370 g kg^{-1} e os resultados obtidos por Rosa Junior (1988) foram obtidos em solos com conteúdo de argila de 680 g kg^{-1} .

Mesmo após os 36 anos de exploração da área, o tratamento SD3 apresentou valores de densidade do solo e, conseqüentemente, de porosidade total que pode ser observado pelos baixos valores de densidade do solo como $1,13$ e $1,18 \text{ kg dm}^{-3}$, respectivamente ocorrentes nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade, as quais resultaram nos maiores valores de porosidade total do solo (Tabela 2). Provavelmente esses baixos valores tenham sido decorrentes do cultivo de pastagem por longo período, associado à exploração de milho e milheto em rotação com soja, culturas que teriam produzido grande quantidade de massa radicular à maiores profundidades, contribuindo para diminuir a compactação. Essa colocação pode ser referendada por se ter em gramíneas como o milheto, uma planta descompactadora de solo (JIMENEZ et al., 2008).

TABELA 2. Densidade do solo (DS), porosidade total (PT), argila dispersa em água (ADA), grau de flocculação (GF) e agregados maiores e menores que dois mm de diâmetro (AGR<2mm e AGR>2mm), de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso, em diferentes profundidades. Dourados-MS. UFGD, 2011.

Uso do solo	Profundidade (0 – 5 cm)					
	DS kg dm ⁻³	PT m ³ m ⁻³	ADA (%)	GF (%)	AGR < 2mm (%)	AGR > 2mm (%)
SD1	1,37a	0,51c	90,86a	81,34b	44,00a	56,00a
SD2	1,27ab	0,55bc	73,56ab	85,41b	50,75a	49,25a
SD3	1,13b	0,59b	36,65b	93,45a	50,75a	49,25a
MN	0,91c	0,65a	74,15ab	83,69b	48,00a	52,00a
Profundidade (5 -10 cm)						
SD1	1,48a	0,48b	98,03a	80,16a	32,50a	67,50a
SD2	1,36ab	0,52ab	56,16a	89,28a	38,00a	62,00a
SD3	1,18bc	0,57ab	72,57a	86,74a	35,75a	64,25a
MN	1,06c	0,60a	62,02a	87,46a	38,75a	61,25a
Profundidade (10 – 15 cm)						
SD1	1,50a	0,47c	93,08a	81,12a	32,45a	67,25a
SD2	1,37a	0,51bc	93,56a	95,70a	39,25a	60,75a
SD3	1,21b	0,56ab	93,89a	77,96a	41,00a	59,00a
MN	1,10b	0,60a	93,05a	83,57a	30,75a	69,25a
Profundidade (15 – 20 cm)						
SD1	1,50a	0,48c	87,49a	81,46a	35,50a	64,50a
SD2	1,41ab	0,52bc	78,32a	84,41a	34,25a	65,75a
SD3	1,23bc	0,56ab	66,13a	88,26a	36,75a	63,25a
MN	1,14c	0,60a	87,56a	82,64a	36,25a	63,75a
Profundidade (20 – 25 cm)						
SD1	1,42a	0,51b	90,57a	81,81a	44,75a	55,25a
SD2	1,37a	0,52ab	62,08a	98,95a	49,75a	50,25a
SD3	1,23ab	0,56ab	69,50a	94,52a	39,50a	60,50a
MN	1,11b	0,60a	82,06a	87,81a	43,75a	56,25a
Profundidade (25- 30 cm)						
SD1	1,36b	0,52c	73,39a	84,98a	34,50b	65,50a
SD2	1,34b	0,53bc	85,42a	83,56a	44,00a	56,00a
SD3	1,15a	0,59ab	87,17a	94,92a	42,50b	57,50a
MN	1,12a	0,60a	93,29a	82,54a	42,75b	57,25a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Tukey 5% de probabilidade)

Embora, com base na teoria do intervalo hídrico ótimo, Reichert et al. (2003, 2007) propuseram, para solos argilosos, que a densidade crítica varia de 1,30 a 1,40 kg m⁻³ os solos submetidos aos manejos SD1 e SD2, proporcionaram densidades ainda maiores que esses níveis.

Para todos os sistemas estudados, observou-se que houve compactação, constatado pelo aumento da densidade do solo na camada de 5 a 20 cm de profundidade, com índices especialmente severos (1,48, 1,50, 1,50 kg dm⁻³ e 1,36, 1,37, 1,41 kg dm⁻³ SD1 e SD2, respectivamente).

Os resultados de pesquisas sobre tema possibilitam grande variabilidade de resultados, o que pode ser devido ao grande número de fatores atuantes no processo. Analisando propriedades físicas em diversos sistemas de manejo, Llanillo et al. (2006), Oliveira et al. (2004) Secco et al. (2009) atribuíram a ocorrência de menores valores de densidade do solo na camada superficial do sistema plantio direto ao efeito do aumento no nível de matéria orgânica. Rosa Junior et al. (2001), por sua vez, ressaltando a importância do tema, pesquisaram, como método alternativo para a redução da densidade do solo, o uso de gesso agrícola como condicionantes físicos do solo e, assim, agir como agregante pelo fornecimento de cátions que neutralizariam parte das cargas negativas ocorrentes no meio e, portanto, proporcionariam condições de aproximação do ponto zero de carga.

Dentre as propriedades físicas influenciadas pelo manejo, a densidade do solo é um dos principais atributos físicos modificados Spera et al. (2009), (que observaram que, de todos os sistemas analisados, o plantio direto foi o que proporcionou maior densidade de solo e microporosidade em comparação aos demais, principalmente na camada de 0,10 a 0,15 m o que confere ao sistema maior intensidade na compactação do solo. Secco et al. (2009) constataram que os maiores valores de densidade do solo (1,62 e 1,54 Mg m⁻³) e resistência a penetração (3,4 e 3,8 MPa), em Latossolo Vermelho distrófico e distroférico, respectivamente foram encontrados na camada de 0,07-0,12m. De Maria et al., (1999) comparando diferentes sistemas de manejo em Latossolo Roxo em cultivo de soja utilizando arado escarificador resultou em maior uniformidade do perfil e menores valores de densidade e resistência, indicando, também, maior porosidade do solo, mesmo em combinação com o sistema de semeadura direta no inverno, com isso pode-se considerar a possibilidade de utilização desse sistema, como recuperador da estrutura do solo, quando a densidade ou resistência do solo atingirem valores limitantes no sistema semeadura direta.

Analisando-se a resistência do solo a penetração (RP), observou-se que o SD1 com maior densidade do solo, proporcionaram os maiores valores de resistência do solo à penetração nos dois conteúdos de água do solo presentes (Figura 2). Para as condições de 24 kg kg^{-1} de água, os valores encontrados de RP foram de 3,7 MPa na camada de 18 cm e para o conteúdo de água de 21 kg kg^{-1} , o valor encontrado foi de 4,9 MPa, causando, com apenas 3% a menos de água no meio, um aumento na resistência do solo à penetração da ordem de 75%, o que pode ser observado pela Figura 2.

Esses valores estão acima dos encontrados por Merotto e Mundstock, (1999) cujos valores de resistência à penetração variaram entre 1,0 e 3,5 MPa e, também dos padrões encontrados por Arshad et al. (1996), que foram de 2,0 a 4,0 MPa, fato preocupante, pois segundo esses autores valores como esses podem restringir, ou mesmo impedir, o crescimento e o desenvolvimento de raízes em um Latossolo Roxo muito argiloso sob sistema de semeadura direta, pois verificaram que com a variação nos valores de densidade de $1,20 \text{ Mg m}^{-3}$ para $1,24 \text{ Mg m}^{-3}$, a resistência a penetração passou de 1,90 para 2,52 MPa na camada de 0-30 de profundidade.

Contudo é posto que esses valores, num sistema de preparo do solo com menor mobilização, nem sempre ocasionam restrição às raízes de soja (DE MARIA et al., 1999). Concordado com o presente trabalho e com o De Maria et al. (1999) que trabalhou com sistemas que envolveram escarificação, grade pesada e plantio direto os valores de densidade e os de resistência do solo que apresentados na literatura (REICHERT et al., 2003; 2007 e ARSHAD et al., 1996) como restritivos ao sistema radicular não foram válidos para o sistema de semeadura direta, pois apresentaram um bom desenvolvimento radicular mesmo com as impedâncias o que pode ser explicado pela maior oferta de água e cobertura morta no ciclo da cultura.

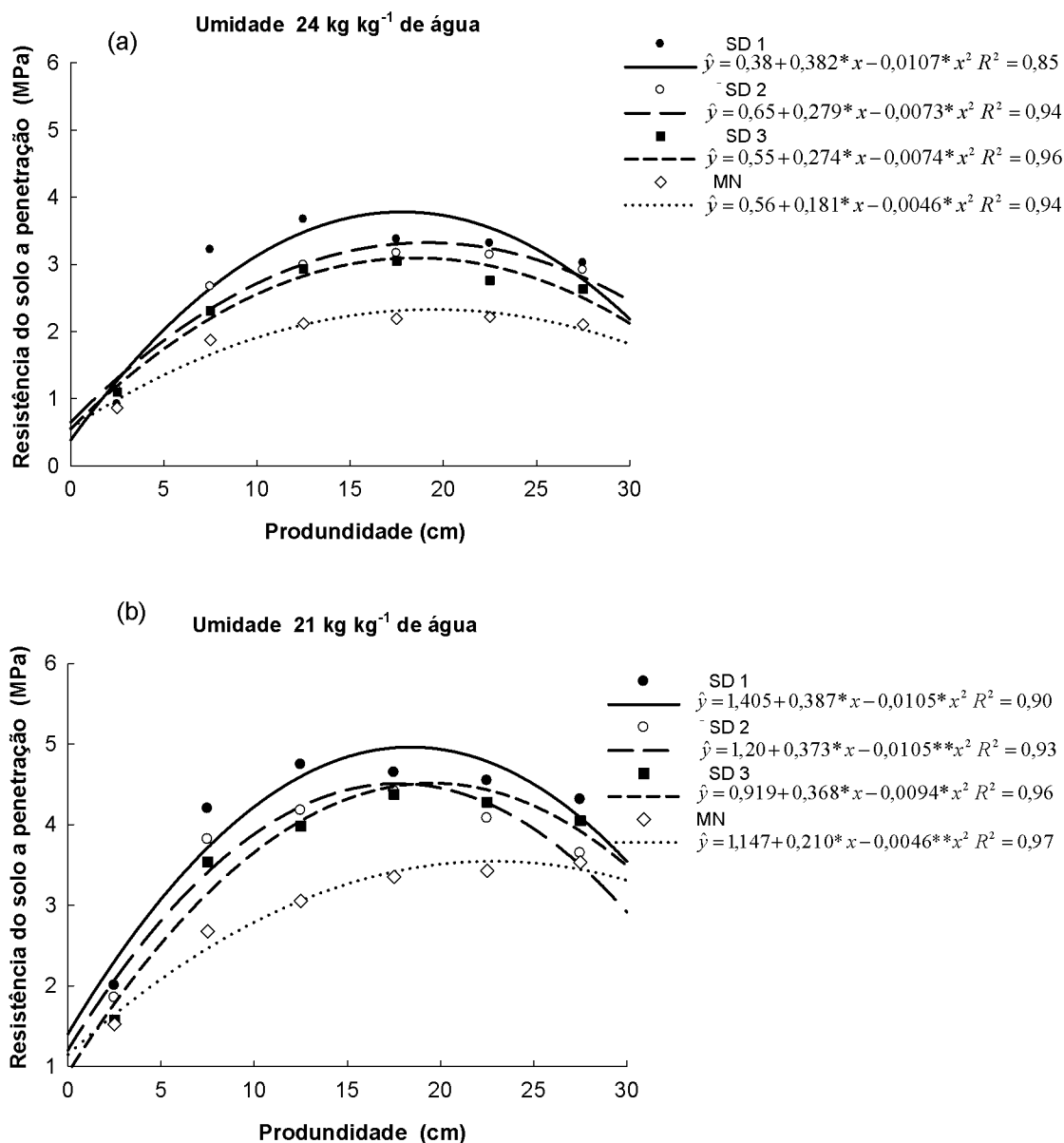


FIGURA 2. Resistência do solo à penetração (MPa) em um Latossolo Vermelho distroférico, determinada com 24 kg kg⁻¹ de água no solo (A) e com 21 kg kg⁻¹ de água no solo (B) em função de quatro usos de solo e da profundidade.

Pode-se considerar ainda que valores de resistência à penetração considerados críticos para o crescimento radicular das plantas dependem do tipo de solo e da espécie cultivada (ROSA FILHO et al., 2009). Essa colocação pode incitar maior quantidade de trabalhos com soja transgênica associada ao manejo de solo.

Para a condição de mata nativa obteve-se o esperado, ou seja, os menores valores de resistência mecânica à penetração, que deve ser devido à não ocorrência de manejo sob essas condições (Figura 2).

Em todas as profundidades se obteve, para o tratamento SD1, os maiores valores de argila dispersa em água e, conseqüentemente, os menores valores de grau de floculação (Tabela 2), fatos que podem ter influenciado nos maiores valores obtidos de densidade do solo. Em Latossolo Vermelho distrófico avaliando dois sistemas de manejo sendo cultivo com preparo convencional e plantio direto, os valores de grau de floculação variaram entre 38 e 44%, e não diferiram estatisticamente entre si, o que indica que tal atributo é pouco sensível às variações de manejo (COSTA et al., 2006).

No que se refere aos conteúdos de agregados maiores e menores que 2 mm de diâmetro, obtidos por peneiramento a seco, não foram observadas diferenças significativas em nenhuma profundidade analisada, sendo todos sistemas de semeadura direta semelhantes ao sistema de referencia que é a mata nativa (Tabela 2). A determinação de agregados via peneiramento a seco, quando se trabalha com Latossolos, deve ser feita com cautela, pois de acordo com Rosa Junior et al. (1988), pode conduzir a interpretações inadequadas dos resultados, pois é comum, com uso antigo e intenso dos solos, se observar aumentos nos valores de agregados de maiores diâmetros os quais, na verdade são pequenos torrões ou os denominados “empacotamentos de solos”, oriundos da quebra mecânica de torrões maiores do material.

3.2. Atributos químicos do solo

A distribuição superficial uniforme e constante de calcário e a presença da palhada das culturas/plantas daninhas no sistema semeadura direta conduziu à baixa variabilidade vertical nos pH em água do solo. Com exceção do SD3, as camadas de solo analisadas encontraram-se com pH H₂O maior ou igual a 6,0 em todo o perfil até 30 cm do solo, sendo semelhantes a mata nativa (Tabela 3). Cavalcante et al. (2007) em Latosso vermelho que nas profundidades de 0,0–0,1 e 0,1–0,2 m pH baixo em torno de 5,1- 5,3 em áreas de cerrado, plantio direto, pastagem e preparo convencional, já Loss, et al (2009), trabalhando com um Argissolo Vermelho e Amarelo de (0- 5 e 5-10 cm de profundidade) em áreas com diferentes coberturas rotacionadas verificaram, nessas camadas, respectivamente, valores de pH acima de 5,8 e 6,2, os quais já garantiriam a ausência do alumínio trocável e os baixos valores de H⁺Al.

Em função da prática constante de calagem, especialmente nos tratamentos SD1 e SD2, pode-se observar, pela Tabela 3, que os valores de pH em água e de cálcio e magnésio trocáveis são quase sempre maiores que os encontrados no tratamento SD3, para todas as profundidades estudadas. Nesse último tratamento pode-se ainda observar, como decorrência dos menores valores de pH em água e de cálcio e magnésio trocáveis, os maiores valores obtidos de $H^+ + Al^{+3}$. Os valores médios, na camada de 0-30 cm apenas para SD3 encontrados de Ca^{+2} e Mg^{+2} , os quais foram de 1,89 e 0,74 $cmol_c dm^{-3}$, respectivamente (Tabela 3). Neste caso, recomenda-se para o SD3 o uso de calcário associado ao gesso agrícola para elevar a V % e correção do pH em superfície e subsuperfície. Os baixos valores de pH em H_2O no SD3, pode ter conduzido a uma maior saturação no colóide orgânico e inorgânico do solo de $H^+ + Al^{+3}$ (em média 7,9 $cmol_c dm^{-3}$), e menor saturação de base - V% (50,4% de 0-10 cm, 33,1% de 10-20 cm e 27,5% de 20-30 cm). Silva e Silveira (2002) observaram maior acúmulo de Ca^{++} e Mg^{++} (3,72 e 4,26 $cmol_c dm^{-3}$, respectivamente nas camadas superficiais do solo, principalmente até 10 cm de profundidade e depois decrescendo, o que teria ocorrido em decorrência da pouca movimentação de solo, pois a área era de plantio direto contínuo.

TABELA 3. Valores de pH H₂O, carbono orgânico total (COT), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), H⁺ + Al³⁺, fósforo (P), potássio (K), capacidade de troca catiônica (T), soma de bases (SB), e V (%), de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso, em diferentes profundidades. Dourados – MS. UFGD, 2011.

Uso do solo	pH _{H₂O}	COT	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Profundidade (0 – 5 cm)			T	SB	V %
					H ⁺ + Al ³⁺	P	K ⁺			
		dag kg ⁻¹	-----cmol _c dm ⁻³ -----	-----cmol _c dm ⁻³ -----	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----				(%)
SD1	6,5a	5,8b	6,77b	2,20b	2,95b	63,57a	0,80a	18,00ab	9,78b	83,04ab
SD2	6,1a	4,9b	4,47c	1,87b	4,70b	60,79a	0,48b	15,87b	6,83c	70,28b
SD3	5,5b	5,3b	3,15c	1,08c	8,05a	45,08a	0,40b	16,35b	4,64d	50,48c
MN	6,3a	8,2a	9,87a	3,44a	2,65b	5,58b	0,56ab	21,66a	13,89a	87,69a
Profundidade (5 – 10 cm)										
SD1	6,4a	5,4a	6,54b	2,20b	4,10a	26,44a	0,63a	19,19a	9,38b	78,86a
SD2	6,1a	4,6a	4,01c	1,57b	4,80a	29,19a	0,32ab	13,64b	5,90c	64,65ab
SD3	5,3b	5,1a	2,25d	0,76c	6,57a	20,81a	0,26b	12,24b	3,28d	50,47b
MN	6,4a	6,7a	8,37a	3,16a	3,35a	4,20b	0,53ab	20,24a	12,07a	83,38a
Profundidade (10 – 15 cm)										
SD1	6,3a	4,2b	6,18a	2,08b	4,10b	14,88a	0,52a	17,57a	8,78a	76,81a
SD2	6,2a	4,0b	3,96b	1,52b	4,42b	17,18a	0,25b	12,46b	5,74b	64,29a
SD3	5,3b	3,8b	1,87c	0,72c	8,47a	16,38a	0,20b	13,08b	2,80c	35,21b
MN	6,2a	5,1a	7,18a	2,82a	3,92b	3,34b	0,52a	19,14a	10,53a	79,33a
Profundidade (15 – 20 cm)										
SD1	6,2a	3,5b	6,25a	2,08ab	4,02b	11,90a	0,47a	17,12a	8,81a	76,51a
SD2	6,0a	3,0b	3,75b	1,68b	4,52b	5,73ab	0,20ab	12,00b	5,64b	62,49a
SD3	4,9b	3,0b	1,51b	0,66c	8,30a	4,53b	0,15b	12,03b	2,33c	30,91b
MN	6,1a	4,1a	6,10a	2,51a	4,20b	3,10b	0,46a	17,50a	9,08a	75,73a
Profundidade (20 – 25 cm)										
SD1	6,3a	2,5b	6,07a	2,10a	3,85b	6,66a	0,40a	16,03a	8,58a	75,86a
SD2	6,1a	2,2b	3,49b	1,71a	4,00b	3,69b	0,17a	11,00b	5,38b	63,14a
SD3	4,8b	2,1b	1,21c	0,59b	8,32a	2,77b	0,15a	11,33b	1,92c	26,66b
MN	6,2a	3,6a	5,27ab	2,29a	4,47b	2,58b	0,48a	16,85a	8,05a	73,19a
Profundidade (25 – 30 cm)										
SD1	6,2a	2,6ab	5,53a	2,02a	3,90b	3,89a	0,35ab	15,03a	7,91a	73,73b
SD2	6,0a	2,0b	3,94a	1,85a	3,75b	3,32a	0,14ab	10,99b	5,94a	66,66b
SD3	4,7b	2,1b	1,28b	0,61b	7,75a	2,72a	0,11b	10,83b	2,01b	28,34a
MN	6,0a	3,2a	4,80a	2,16a	5,07b	2,53a	0,46a	16,67a	7,44a	69,73b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Tukey 5% de probabilidade.

Cavalcante et al. (2007) estudando a variabilidade espacial dos atributos químicos em Latossolo Vermelho sob vegetação nativa, pastagem, sistemas de plantio direto e convencional, com diferentes seqüência de culturas observaram valores baixos (5,1 – 5,3) para pH em todos os sistemas de usos e manejos estudados diferente do encontrado neste trabalho para os usos SD2 e SD2, já para os valores de K, Ca, Mg e V% foram baixos apenas na área de cerrado e pastagem e oscilaram de médio a alto para os sistemas plantio direto e preparo convencional profundidades de 0,0–0,1 e 0,1–0,2 m.

Silva e Silveira (2002) ao comparar os sistemas agrícolas envolvendo diferentes culturas em rotação e considerando-se cada perfil do solo, verificaram que os valores de pH variaram apenas nas camadas superficiais do solo, ou seja, na camada de 0-5 cm o que não aconteceu no presente estudo em que em que se manteve constante ate a camada de 30 cm. Essa constância nos valores de pH, até as maiores profundidades, pode ter ocorrido em decorrência do solo em questão ser pouco argiloso (370 g kg^{-1}), fato que poderia facilitar o efeito do calcário em profundidade.

Em se tratando da dinâmica dos nutrientes no perfil do solo, pode-se observar (Tabela 3) que houve, com o aumento da profundidade, tendência a redução nos valores dos mesmos. Cavalcante et al. (2007), que verificaram a diminuição dos valores dos atributos químicos em profundidade para todos os sistemas estudados, o que pode ser explicado pelo uso do sistema plantio direto, por não revolver o solo, favoreceria o acúmulo de nutrientes na superfície.

Na análise do carbono orgânico total (COT), em todos os tratamentos em que houve interferência antrópica, constatou-se redução nos teores de COT (Tabela 2). A remoção da vegetação nativa, acompanhada da aplicação de fertilizantes e corretivos, ocasiona alterações nas propriedades do solo o qual interfere na decomposição dos materiais orgânicos nele contidos. Segundo Lal et al. (2005), quando ocorre a conversão de áreas de mata nativa para cultivo agrícola, se tem como resultado, uma diminuição de 20–50 % nos teores de COT, sendo esses decréscimos atribuídos a inúmeros fatores como menores quantidades de resíduos orgânicos nos sistemas manejados comparativamente a floresta nativa, mudanças no regime de hídrico e temperatura, acelerando a taxa de decomposição do COT, além do revolvimento do solo que promove maior aeração, quebra de agregados e exposição da matéria orgânica protegida dentro dos agregados aos microrganismos decompositores (ZECH ET AL., 1997; ZINN et al., 2002; LAL et al., 2005; SILVA e MENDONÇA, 2007).

Com relação aos teores de fósforo (P), observou-se que os solos sob na mata nativa foram fortes drenos de P, obtendo os menores teores de P em relação aos sistemas de cultivo, especialmente na profundidade até 15 cm (5,58, 4,20, 3,34, mg dm⁻³ de P, nas camadas de 0,5, 5-10 e 10-15 cm, respectivamente) (Tabela 3). A incorporação de área de cerrado no cultivo agrícola demandou maior adubação fosfatada, em média 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo o adubo localizado próximo a semente. Como o revolvimento do solo em semeadura direta se restringe a linha de plantio, o maior teor de P foi encontrado de 0-5 cm de profundidade (Tabela 3).

Com o intemperismo, os solos passam gradualmente de fonte para dreno de P. Em condições extremas de intemperismo como ocorre em alguns Latossolos de cerrado, cuja mineralogia é composta principalmente de óxido de Fe e Al, tem-se um forte dreno de P. Para torná-los fontes são necessárias grandes quantidades de fertilizantes fosfatados. Solos como esses podem adsorver mais de 2 mg dm⁻³, valor que equivale a 4000 kg ha⁻¹ de P incorporado de 0-20 cm no solo (NOVAIS et al., 2007).

Silva e Silveira (2002) quando compararam vários sistemas de manejo, o teor de P extraível, considerando cada camada de solo, constataram apenas diferença significativa entre eles nos perfis no segundo ano de pesquisa, tendo sido encontrados os maiores valores de P (39,5 mg dm⁻³) na camada de 0-5 cm, em sistema de rotação milho-feijão em plantio direto contínuo. Para Araujo et al. (2000), os maiores teores de P na área de cultivo, provavelmente, ocorrem em função da adição desse nutriente por meio da adubação, pela pequena exportação desse nutriente pelas culturas e devido à reduzida mobilidade do P no solo em comparação com mata nativa. Tais citações corroboram os dados observados no presente trabalho.

Com relação aos teores de potássio (K⁺), observam-se pela Tabela 3 que o tratamento SD1 apresentou, na camada de 0-5 cm de profundidade, valores 67% e 100 % maiores que os tratamentos SD2 e SD3. O mesmo raciocínio pode ser aplicado às profundidades de 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm, para as quais o tratamento SSD1 apresenta teores, respectivamente, 97% e 142 %, 97% e 160 % e 135 e 213 % maiores em relação ao SD2 e SD3, sendo semelhante a mata nativa.

Essa dinâmica do potássio é comum ao longo dos anos e na profundidade, é o que verificaram Silva e Silveira (2002), que estudando em diferentes sistemas de rotação cada camada do perfil, verificaram que para o potássio obteve um resultado significativo em relação aos tratamentos apenas na primeira camada de 0-5 obtendo maiores concentração que os de mais de 190,6 e 122,4 mg dm⁻³ nos dois anos de estudos

nas áreas sob plantio direto, o que pode ser explicado por sua grande mobilidade no perfil, especialmente quando o teor de argila for pequeno. Para esses últimos autores, na semeadura direta, onde o solo não é mobilizado, os adubos foram distribuídos a lanço ou incorporados na linha próxima às sementes durante a semeadura, concentrando assim esse nutriente nas camadas mais superficiais do solo.

3.3. Atributos de plantas e a cobertura do solo

A produtividade e matéria seca da cultura da soja transgênica foi maior no tratamento SD1 que nos tratamentos SD2 e SD3 (Tabela 3). Provavelmente o fator condicionante para proporcionar a maior produtividade nesse tratamento, tenha sido a grande diferença obtida entre os atributos químicos analisados, especialmente os menores valores de pH em água, e maiores valores de cálcio, magnésio, potássio trocáveis e fósforo disponível (Tabela 3). Esse trabalho demonstrou que, mesmo com obtidos valores relativamente inadequados de alguns atributos físicos do solo, dentre eles os maiores valores de densidade do solo (Tabela 2), os quais poderiam até mesmo restringir o desenvolvimento das plantas de soja e diminuir sua produtividade.

TABELA 4. Produtividade de soja transgênica (Prod), massa seca (MS), e cobertura mortal do solo aos 20 dias (Cob20), a cobertura morta média (CM) e altura de plantas em diferentes profundidades, de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso. Dourados – MS. UFGD. 2011.

Uso do solo	Cob20	CM	Altura	MS	Prod
	------(%)-----		(cm)	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
SD1	74,62aA	73,50aA	93,9a	4231,27a	3978,01a
SD2	75,45aA	76,75aA	84,5b	3422,88b	3423,27b
SD3	64,25aA	63,50aA	74,6c	3027,70b	3498,43b

Letra minúscula comparado na coluna refere-se à análise entre os sistemas de semeadura direta. Somente para a cobertura morta, as letra maiúscula na linha refere-se à comparação entre o período de 20 dias e a médias dos 120 dias de experimento. Média seguida de mesma letra não difere entre si pelo teste de Tukey a 5%. SD1, SD2 e SD 3 – sistema semeadura direta 1, 2 e 3.

De acordo com Arshad et al. (1996), a densidade do solo acima de 1,40 kg dm⁻³, para solos argilosos, é restritiva ao crescimento radicular e, conseqüentemente pode prejudicar o rendimento de grãos das espécies cultivadas. Isto serve de alerta,

especialmente para os tratamentos SD1 e SD 2, que tiveram densidades maiores que $1,40 \text{ kg dm}^{-3}$ nas camadas abaixo de 5 cm de profundidade, podendo vir a ser prejudicial ao desenvolvimento radicular das culturas em sucessão. Embora esse fato seja uma verdade inequívoca, pode-se considerar que os fatores determinantes para a obtenção das produtividades maiores obtidas nessas condições (Tabela 4), tenham sido, primeiramente em função das precipitações ocorridas durante o ciclo da cultura que impediu que as densidades dos usos do solo prejudicassem o desenvolvimento e produtividade da cultura, em segundo lugar, em função da cobertura morta existente sobre o solo. Esses fatores podem ter minimizado os efeitos negativos dos valores elevados de densidade do solo. Outro fato importante que pode ser considerado é que as plantas de soja, suprem o menor desenvolvimento radicular em camadas compactada, aumentando o desenvolvimento radicular nas regiões superiores e inferiores menos compactadas, dessa forma, compensando os possíveis efeitos supressivos da compactação (BEULTER e CENTURION, 2004). Outro fato é que com o aumento nos valores de densidade do solo, especialmente para as condições em que não se explorou pastagens ou ela foi explorada por pouco tempo, um fator associado ao manejo que pode ter causado esses acréscimos pode ter sido, o menor revolvimento do solo associado com o tráfego de máquinas, implicando em uma maior justaposição dos agregados, o que torna o solo mais denso (SOUZA et al., 2010). Para Suzuki et al. (2007) a cultura da soja é favorecida por um grau de compactação intermediário intermediário em Latossolo, e o grau de compactação ótimo para a cultura da soja é de 86%.

A produtividade da cultura de soja (Tabela 5) se correlacionou negativamente com os valores obtidos para resistência à penetração ($r = -0,35$; $p = 0,08$) e da acidez trocável ($r = -0,78$; $p = 0,01$). Os resultados obtidos confirmam, no entanto, de algumas citações, como o caso do estudo da variabilidade da produtividade da soja em relação à física de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto, realizado por Rosa Filho et al., (2009) que constataram suas correlações foram inversas, indicando que, com aumento da densidade do solo ($r = -0,213$) e resistência a penetração ($r = -0,191$) ocorrerá a diminuição da produtividade de soja.

A resistência do solo à penetração quando relacionada a outros atributos do solo, é inversamente proporcional à porosidade total, macroporosidade e condutividade hidráulica (ROSA FILHO et. al., 2009). Tal fato viria a desencadear, no geral, diminuição da produtividade agrícola (SECCO et al., 2005).

Dos atributos químicos estudados correlacionou-se de forma significativa com os

valores de cálcio ($r = 0,87$; $p = 0,01$) e de fósforo ($r = 0,90$; $p = 0,01$), a partir do que se pode concluir que teriam sido a maior presença desses elementos, acrescido dos efeitos da calagem, os fatores determinantes para que o tratamento SD1 tenha tido a maior produtividade em relação ao SD2 e SD3, pode-se dizer que esta correlação positiva foi importante também para o desenvolvimento das raízes da planta ao longo do perfil do solo (Tabela 6).

Silva et al (2000) em um Podizolico Vermelho amarelo as densidade de raízes de milho foi significativamente correlacionada, positivamente em diferentes profundidades do solo, com os atributos químicos P disponível (0-5 cm), K disponível (25-30 cm), Ca trocável (5-10 cm, 10-15 cm e 35-40 cm), os dados indicaram que a densidade de raízes foi favorecida não apenas pela presença de nutrientes mas também de carbono orgânico (25 g kg^{-1}).

TABELA 5. Coeficientes de correlação (r) e probabilidade (p) entre atributos físicos, químicos e produtividade de Soja RR cultivada em Latossolo Vermelho distroférico sob sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso. Dourados – MS. UFGD, 2011.

		GF	RP	COT	CTC	Ca ⁺²	P	H+Al
Prod	r	0,13	-0,35	0,45	0,38	0,87	0,90	-0,78
	p	0,27	0,08	0,10	0,16	0,01	0,01	0,01
DS	r	0,01	0,67	-0,35	0,22	0,33	0,12	0,11
	p	0,56	0,01	0,07	0,25	0,14	0,34	0,31
ADA	r	-0,65	-0,14	-0,50	0,20	0,28	0,34	-0,44
	p	0,01	0,34	0,01	0,23	0,22	0,07	0,01
GF	r	1	0,23	0,55	-0,31	-0,33	0,19	0,49
	p	-	0,08	0,01	0,11	0,08	0,23	0,02
RP	r		1	-0,14	-0,19	-0,10	0,09	0,29
	p		-	0,26	0,13	0,33	0,14	0,09
COT	r			1	0,58	0,19	0,29	0,08
	p			-	0,01	0,31	0,32	0,51

*Grau de floculação (GF), resistência a penetração (RP), carbono orgânico total (COT), capacidade de troca catiônica (CTC), cálcio (Ca⁺²), fósforo (P), ácidos trocáveis (H+Al), produtividade (Prod), densidade do solo (DS), argila dispersa em água (ADA).

Essas citações estão de acordo com a relação a correlação existente entre a densidade do solo e a resistência do solo a penetração das raízes, onde se observa (Tabela 5) correlação linear e positiva entre RP e DS ($r = 0,67$; $p < 0,01$). O alongamento radicular só é possível quando a pressão de crescimento das raízes for maior do que a resistência mecânica do solo à penetração (PASSIOURA, 1991). Mas o questionamento a ser feito seria qual a impedância mecânica máxima do solo suportável para que não haja

prejuízos à produção agrícola? No caso deste estudo a com a RP alta (3,7 MPa) na camada de 18 cm, o SD1 obteve-se a melhor produtividade de grãos para a Soja transgênica. Silva et al. (2002) relatam que um valor de 2 MPa de resistência à penetração do solo tem sido associado a condições impeditivas para o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas.

TABELA 6. Comprimento de raízes de soja transgênica e estande, em diferentes profundidades, de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido ao sistema de semeadura direta com três diferentes históricos de uso. Dourados – MS. UFGD, 2011.

Uso do solo	Estande	Raízes					
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30
	n° m ⁻²	------(cm planta ⁻¹)-----					
SD1	39,81a	337,5bA	229,1aA	141,5aB	110,2aB	75,5bC	54,1aC
SD2	37,03a	361,7,bA	180,0bB	108,6bC	84,0bC	82,3aC	38,7bCD
SD3	37,12a	453,5aA	147,2bB	94,8bB	83,5bB	86,2aB	24,6cC

Letra minúscula comparado na coluna refere-se à análise entre os sistemas de semeadura direta. Somente para as raízes, as letra maiúscula na linha refere-se à comparação entre as profundidades do solo. Média seguida de mesma letra não difere entre si pelo teste de Tukey a 5%. SD1, SD2 e SD 3 – sistema semeadura direta 1, 2 e 3.

Trabalhos divergentes foram encontrados por Andreotti et al 2010, estudando as correlações lineares, entre atributo de densidade, macroporosidade, microporosidade e a produção de grãos de soja, verificaram que o aumento da densidade do solo e da microporosidade na superfície do solo resultou em menores produtividades de grãos de soja. Já quando relacionou com a macroporosidade houve correlação positiva entre causa e efeito. Assim sendo, o aumento da aeração do solo na superfície e em profundidade proporcionou uma provável melhoria do crescimento radicular e, por conseguinte, aumento de produtividade.

Embora não diretamente relacionado com a produtividade da cultura, pode-se fazer inferência entre o teor de COT e atributos físicos e químicos do solo que podem beneficiar essa variável, como é o caso da correlação negativa entre COT e ADA ($r = -0,50$; $p < 0,01$), auxiliando positivamente a flocculação do solo - GF ($r = 0,55$; $p < 0,01$). Dos atributos químicos somente a CTC correlacionou positivamente com o teor de COT no solo ($r = 0,58$). A correlação positiva da COT com a CTC também é esperada, já que

em solos tropicais, com predominância de argilo-minerais de baixa atividade, a fração orgânica contribui com a maior proporção das cargas negativas.

A interação entre fatores climáticos (temperatura, precipitação) e acúmulo de restos culturais na superfície do solo resulta em melhoria ambiental para a biomassa microbiana, aumentando a sua atividade. Nessas condições, a dinâmica da matéria orgânica em sistema de plantio direto é alterada, interferindo não apenas nos ciclos de transformação dos nutrientes, mas também na estruturação do solo (OADES, 1984). Embora não tenha havido diferenças entre os valores obtidos de cobertura morta superficial média durante o ciclo da cultura (CM) e cobertura morta aos 20 dias após emergência (Cob20), os valores médios obtidos estão acima dos valores comumente encontrados na região, o que poderia determinar, no mínimo, maiores valores de água retida no solo ou menores índices de evaporação, proporcionando às plantas, melhores condições de absorção de nutrientes.

Analisando altura das plantas da soja transgênica (Tabela 6), observa-se a superioridade do tratamento SD1, fato que pode ser também decorrente das melhores condições químicas encontradas no meio. De acordo com Giarola et al. (2009) estudando a influencia em sistema de plantio direto com compactação adicional nas diferentes cultivares de soja convencional em Latosso Vermelho eutroférico observou-se que em relação a altura de plantas não foi influenciada pelos níveis de compactação e sim apenas pelas características próprias das cultivares.

Quando se estratificou o comprimento das raízes da soja transgênica no perfil, constatou-se a predominância das raízes nos primeiros 5 cm do solo para todos os sistemas utilizados (Tabela 6). Contudo, para as profundidade posteriores, o crescimento radicular mostrou-se mais vigoroso para o tratamento SD1, fato que, quando se associa às melhores condições químicas do meio, teriam auxiliado na obtenção das maiores produtividades. Acredita-se que, para as condições do tratamento SD3 (onde os valores de densidade do solo foram os menores), que proporcionou as menores produtividades e altura das plantas, os sistemas radiculares tenham se desenvolvido mais em função por parte das plantas, de mais água e nutrientes.

4. CONCLUSÕES

1. Apesar de ter o mesmo sistema de semeadura, áreas manejadas de forma semelhantes, mas com diferentes históricos de uso tiveram alterações nos atributos físicos do solo;
2. Independente do histórico a semeadura direta proporcionou aumento da densidade na camada de 0,05 a 0,20 m conferindo maior resistência a penetração de raízes e compactação do solo;
3. A produtividade da soja transgênica foi mais influenciada pelos atributos químicos que físicos do solo;
4. Das características químicas estudadas o fósforo e o cálcio foram os que mais influenciaram na produtividade da soja transgênica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOTTI, M.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; BASSO, F. C.; PARIZ, C. M.; AZENHA, M. V.; VERCESE, F. Produtividade da soja correlacionada com a porosidade e a densidade de um Latossolo Vermelho do cerrado brasileiro. **Ciência Rural**, Santa Maria- RS, v. 40 n .3.p. 520-526, 2010.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMANN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: **Soil Science Society of America**, v.49, n.1, p.123-141, 1996.
- ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; WATANABE, S. H.; PINTRO J. C.; DA COSTA, A. C. S.; DA MATA, J. D. V. Avaliação do impacto do cultivo nas características químicas e na agregação de um Latossolo Vermelho distrófico do noroeste do Paraná. **Acta Scientiarum**. Maringá- PR, v. 22, n. 4, p.1045-1053, 2000.
- BEULTER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília-DF, v.39, n.6, p.581-588, 2004.
- BOTTA, G. F.; JORAJURIA, D.; ROSATTO, H.; FERRERO, C. Light tractor traffic frequency on soil compaction in the Rolling Pampa region of Argentina. **Soil and Tillage Research**. Amsterdam, v.86, n.1, p.9-14, 2006.
- BOTTA, G. F.; RIVERO, D.; TOURN, M.; BELLORA MELCON, F.; POZZOLO, O.; NARDON, G.; BALBUENA, R.; TOLON BECERRA, A.; ROSSATTO, H.; STADLER, S. Soil compaction produced by tractor with radial and cross-ply tyres in two tillage regimes. **Soil and Tillage Research**. Amsterdam, v.101, n.1 p.44-51, 2008.
- CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M. de; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químicos do Solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa-MG, v.31, n. 6, p.1329-1339, 2007.
- CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Revista Atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (Documentos, 1).
- COSTA E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília-DF, v.41 n.7, p. 223-227, 2006.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F. L.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiania-GO, v. 41, n. 1, p. 8-19, 2011.
- DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DIAS SOUZA, H.. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Goiania-GO, 23:703-709, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília-DF: 2006. 169p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4,6 - programa de análise estatística**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. 1 CD-ROM

GIAROLA, N. F. B.; BRACHTVOGEL, E. L.; FONTANIVA, S.; PEREIRA, R. A.; FIOREZ, S. L. Cultivares de soja sob plantio direto em Latossolo Vermelho compactado. **Acta Scientiarum**. Maringa-PR, v. 31, n. 4, p. 641-646, 2009.

GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. **Bragantia**. Campinas-SP, v.19, n.13, p.201-13, 1960.

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

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology Management**. Amsterdam, v. 220, n.1/3, p.242–258, 2005.

LIMA, C. L. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília-DF, v.45, n.1, p.89-98, 2010.

LLANILLO, R. F.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina-PR, v.27, n.2, p.205-220, 2006.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; NIVALDO SCHULTZ, LÚCIA HELENA CUNHA DOS ANJOS E ELIANE MARIA RIBEIRO DA SILVA. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília-DF, v.44, n.1, p.68-75, 2009.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. Viçosa-MG v.23, n.2, p.197-202, 1999.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. São Paulo-SP, v. 45, n 1, p. 163-183, 2007.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. eds. Fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa-MG, 2007 p. 472-550.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant Soil**. Netherlands, v. 76, p. 319-337, 1984.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JR., 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**. Viçosa-MG v.28, n.2, p.327-336, 2004.

PASSIOURA, J.B. Soil structure and plant growth. **Australian Journal of Soil Research**. Collingwood, v. 29, n.6, p.717-728, 1991.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil Till Research**. Amesterdam, v. 102, n.2, p.242-254, 2007.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícola. **Revista Ciência e Ambiente**. Santa Maria-RS, v. 27, n.2, p.29-48, 2003.

ROSA JUNIOR, E. J.; SILVA, T. C. A.; COSTA, L. M. Efeito de sistemas e tempo de manejo sobre algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico no município de Ponta Porã- MS. **Revista Científica e Cultural**. Campo Grande-MS, especial, p.26-32, 1988.

ROSA JUNIOR, E. J.; CREMON, C.; MARTINS, R. M. G.; RODRIGUES, E. T. Gesso e calcário como condicionadores de atributos de um Latossolo sob cultivo de soja-milho. **Cerrados Revista de Ciências Agrárias**, v.2/4, n.3/8, p.45-50, 2001.

ROSA JUNIOR, E.J; BENEZ, S. H. Sistemas de manejo na cultura do milho safrinha condicionado à cobertura morta e à temperatura do solo. **Revista Energia na Agricultura**. v. 17, n. 3, p. 13-23, 2002.

ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M. de P. e; ANDREOTTI, M.; MONTANARI R.; BINOTTI, F. F. S.; GIOIA, M. T. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa-MG, v. 33, n.2, p. 283-293, 2009.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ROS, C. O. da. Implications of soil management and compaction state on soil physical properties and soybean yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa-MG, v.28, n.5, p.797-804, 2004.

SECCO, D.; DA ROS, C.O.; SECCO, J.K.; FIORIN, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um latossolo vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa-MG, v.29, n.3, p.407-414, 2005.

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

SILVA, C.C. da; SILVEIRA, P. M. da. Influência de sistemas agrícolas em Características químico-físicas do solo. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras-MG, v.26, n. 3, p.505-515, 2002.

SILVA, V. R.; REINERT D. J.; REICHERT J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa-MG, v. 24 p.191-199, 2000.

SILVA, I.R; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. eds. Fertilidade do solo, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 2007, p. 275-374.

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A.C.; VENTUROSO, L. R.; ROSA, Y. B. C. J. Atributos físicos e desempenho agrônômico da cultura da soja em um Latossolo Vermelho distroférico submetido a dois sistemas de manejos. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras-MG, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, 2010.

SLONEKER, L, L.; MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of residue remaining after tillage. **Journal of Soil and water Conservation**. Fairmont, W. v.32, n.5, p.231-236, 1977.

SPERA, S. T.; SANTOS, H.P.; TOMM, G. O., KOCHHANN, A.; ÁVILA, A. Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo e de rotação de cultura. **Bragantia**. Campinas-SP, v.68, n.4, p.1079-1093, 2009.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa-MG v.25, n.2, p.395-401, 2001.

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

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal Soil Science**. London, v. 33, p.141-163, 1982.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. Philadelphia v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A. & SCHROTH, G. Factor controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**. Amsterdam, v. 79, p. 117-161, 1997.

ZINN, Y.L.; RESCK, D.V.S. & SILVA, J.E. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in the *Cerrado* region of Brazil. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam v. 166, p. 285-294, 2002.