

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

RAFAEL BELISARIO TEIXEIRA

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E PLANTAS DE
COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS- QUÍMICOS DO SOLO E NA
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DA CULTURA DA SOJA**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

RAFAEL BELISARIO TEIXEIRA

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E PLANTAS DE
COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS- QUÍMICOS DO SOLO E NA
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DA CULTURA DA SOJA**

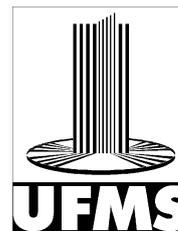
Orientador: Prof^o. Dr^o. CASSIANO GARCIA ROQUE

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia, área
de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS
2014



Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Câmpus de Chapadão do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Rafael Belisario Teixeira

ORIENTADOR: Profº. Drº. Cassiano Garcia Roque

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS- QUÍMICOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DA CULTURA DA SOJA

Profº. Drº. Presidente - Cassiano Garcia Roque

Profª. Drª. Rita de Cassia Felix Alvarez

Profº. Drº. Rafael Montanari

Chapadão do Sul, 01 de Fevereiro de 2014.

A Deus pela vida, saúde e pela oportunidade de realizar esse curso e por tudo que tenho.

A minha mãe, Luci Belisario, por ter me dado à vida e sempre apoio com os estudos.

A minha esposa, Rosimeire Gabriel Belisario, pelo apoio, carinho, paciência e amor dedicado desde os tempos de Graduação.

Aos meus queridos irmãos, Edson Belisario Teixeira e Clayton Rogerio Belisario Teixeira pela eterna parceria durante toda minha vida.

Aos meus sobrinhos Emilie e Eduardo pelo amor e carinho.

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me proporcionar a oportunidade de realizar um sonho realizando este curso, por ter me dado força durante todas as situações de minha vida.

A minha querida mãe Luci Belisario, pelos ensinamentos durante toda minha vida, incentivo desde os tempos de primário nos estudos até hoje, pela sincera amizade e apoio também agradeço a meus irmãos Edson Belisario Teixeira e Clayton Rogerio Belisario Teixeira.

A minha esposa, Rosimeire Gabriel Belisario, pela companhia durante todo o tempo de graduação até agora, sempre me apoiando, incentivando e também sempre com amor e paciência.

Ao professor, pesquisador orientador e amigo, Cassiano Garcia Roque pelos ensinamentos e amizade.

A amiga Mônica Cristina Rezende Zuffo, por todo apoio e aporte durante a condução do ensaio.

A todos os professores, funcionários e alunos da UFMS que, direta ou indiretamente me ajudaram a construir e realizar este sonho.

RESUMO

TEIXEIRA, Rafael Belisario. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Influência de diferentes sistemas de preparo e plantas de cobertura nos atributos físicos-químicos do solo e na produtividade de grãos da cultura da soja.

Professor Orientador: Cassiano Garcia Roque.

A mudança na forma de manejo do solo altera atributos físicos e químicos podendo afetar a produtividade das culturas. Com a finalidade de avaliar a densidade do solo “DS”, porosidade total “PT”, macroporosidade “MA” microporosidade “MI”, resistência do solo à penetração “RSP”, potencial Hidrogênionico “pH”, cálcio “Ca”, magnésio “Mg” e potássio “K” nas profundidades de 0- 0, 10 m, 0, 10- 0, 20 m- 0, 20- 0, 30 m; peso de mil sementes “PMS” e produtividade de grãos da soja sobre diferentes sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura, instalou-se no ano agrícola de 2012/2013, um ensaio em área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS/CPCS), Campus de Chapadão do Sul (MS). Os sistemas de preparo foram: preparo convencional (PC), preparo mínimo (PM) e sistema de semeadura direta (SSD), as plantas de cobertura foram: milho, crotalária e o pousio. Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados e parcelas subdivididas. Para as profundidades de 0-0,10 m e 0, 10-0, 20 m não se obteve diferença estatística significativa para os diferentes atributos físicos do solo. Para a profundidade de 0, 20 m- 0, 30 m o milho proporcionou atributos físicos que estão mais próximos do ideal. O milho proporcionou uma menor resistência do solo à penetração “RSP” para a profundidade de 0- 0, 10 m, para mesma profundidade o PC forneceu a menor RSP. Na profundidade de 0,10- 0,20 m o pousio proporcionou uma menor RSP para o sistema de PM. O SSD proporcionou os menores valores de RSP para a camada de 0, 10- 0, 20 m. Para a variável produtividade e peso de mil sementes os diferentes tratamentos não proporcionaram diferença significativa. O pH não sofreu influência dos tratamentos nas profundidades 0- 0, 10 m e 0, 10- 0, 20 m. Para o PM o milho proporcionou o maior valor de Ca, diferindo estatisticamente da crotalária e do pousio na camada de 0-0,10 m. A crotalária na camada de 0,20- 0,30 m apresentou o menor valor de Ca, diferindo estatisticamente das demais coberturas. Na camada de 0- 0, 10 m a crotalária obteve o menor valor de Mg. Na camada de 0, 20- 0, 30 m o PM proporcionou uma maior quantidade de Mg para a cobertura milho. Independente da cobertura o PC e o PM proporcionaram os maiores valores de cálcio para as camadas de 0,10- 0,20 m e 0, 20- 0, 30 m. Independente da cobertura o PC e o PM proporcionaram os maiores valores de cálcio para as camadas de 0, 10- 0, 20 m e 0, 20- 0, 30 m. A crotalária obteve o menor valor de Mg na camada de 0- 0,10 m. Na camada de 0, 10- 0, 20 m o milho proporcionou o maior valor de Mg. O K não sofreu influência dos tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Semeadura Direta. Densidade do solo. Milho.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Rafael Belisario. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Influence of different tillage systems and cover crops on soil physical and chemical attributes and seed yield of soybean. Professor Orientador: Cassiano Garcia Roque

The change in soil management changes physical and chemical attributes may affect crop yields. In order to evaluate the density of the soil "DS" porosity "PT" macroporosity "MA" microporosity "MI", resistance to penetration "RSP" hydrogenic potential "pH" calcium "Ca" magnesium "mg" and K "K" in depths from 0 to 0, 10 m, 0, 10 to 0, 20 m – 0, 20 to 0, 30 m, weight of thousand seeds "PMS" and grain yield of soybean over different of tillage and cover crop systems, settled in the agricultural year 2012/2013, an essay in the experimental area of the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS/ CPCS), Campus of Plain South (MS). The tillage systems were: conventional tillage (CT), minimum tillage (MT) and no-tillage (SSD) system, cover crops were millet, fallow and sunn hemp. We used the randomized complete block split plot. To me the depths of 0- 0, 10 m 0, 10- 0, 20 m not achieve statistical significant difference for the different soil physical properties. For a depth of 0, 20, 0 m, 30 m o millet provided physical attributes that are closest to the ideal. Pearl millet provided less resistance to penetration "RSP" for depth from 0 to 0, 10 m, the same depth for the PC provided the lowest RSP. In depth from 0, 10 to 0, 20 m o fallow yielded a lower RSP to the PM system. The SSD provided lower values for the RSP layer from 0, 10 to 0, 20 m. For productivity variable and thousand seed weight the different treatments did not show significant difference. The pH was not influenced by treatments at depths of 0 to 0, 10 m 0, 10 to 0, 20 m. For PM millet provided the greatest amount of Ca, differing in crude and fallow in the 0 – 0, 10 m. The crude in the layer from 0, 20 – 0, 30 m had the lowest amount of Ca, differing from the other toppings. In the 0 – 0, 10 m crude had the lowest amount of Mg. In the layer of 0, 20 – 0, 30 m AM provided a greater amount of Mg to cover millet. Independent coverage of PC and PM provided higher amounts of calcium for layers from 0, 10 to 0, 20 m 0, 20 to 0, 30 m. Independent coverage of PC and PM provided higher amounts of calcium for layers from 0, 10 to 0, 20 m 0, 20 to 0, 30 m. The crude obtained the least amount of Mg in the 0 – 0, 10 m. In the layer 0.10 – 0, 20 m o millet provided the greatest amount of Mg. The K was not affected by treatments.

KEY-WORDS: Direct seeding. Soil density. Millet.

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Análise de solo da área experimental.	36
2	Densidade do solo, Porosidade total, Macro e Microporosidade nos sistemas de manejo e diferentes coberturas em camadas diferentes.	38
3	Resistência do solo a penetração nos sistemas de manejo do solo e diferentes coberturas em camadas distintas.	40
4	Desdobramento da Resistência do solo a penetração na camada de 0,10-0,20 m.	41
5	Pms e produtividade de grãos da cultura da soja nos sistemas de manejo de solo e nas diferentes coberturas	43
1	Análise de solo da área experimental.	53
2	Potencial Hidrogênionico, Cálcio, Magnésio e Potássio nos sistemas de manejo e diferentes coberturas em camadas distintas.	55
3	Desdobramento do Cálcio na camada de 0-0,10 m nos sistemas de manejo de solo e nas diferentes coberturas.	57
4	Desdobramento do Magnésio na camada de 0, 10- 0, 20 m nos sistemas de manejo de solo e nas diferentes coberturas.	60
5	Desdobramento do Magnésio na camada de 0, 20- 0, 30 m nos sistemas de manejo de solo e nas diferentes coberturas.	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 A CULTURA DA SOJA	12
2.2 SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO	13
2.2.1 Preparo convencional	13
2.2.2 Preparo Mínimo	14
2.2.3 Sistema de Semeadura Direta	14
2.3 PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO	15
2.3.1 Milheto	15
2.3.2 Crotalária	16
2.3.3 Pousio	17
2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	18
2.4.1 Porosidade do solo	18
2.4.2 Densidade do solo	19
2.4.3 Resistência à penetração e umidade	20
2.5 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	21
2.5.1 Potencial Hidrogênionico	21
2.5.2 Cálcio	22
2.5.3 Magnésio	23
2.5.4 Potássio	24
3 REFERÊNCIAS	25
CAPÍTULO 1 - INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FISICOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DA CULTURA DA SOJA	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1 INTRODUÇÃO	34

2 MATERIAL E MÉTODOS	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4 CONCLUSÕES.....	44
5 REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
1 INTRODUÇÃO.....	51
2 MATERIAL E MÉTODOS	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4 CONCLUSÕES.....	63
5 REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais metas da pesquisa em manejo de solos é identificar e desenvolver sistemas de cultivo de solo adaptados às condições edafoclimáticas, sociais e culturais regionais (COSTA et al., 2003).

Os sistemas de cultivo do solo exercem influências sobre a agregação do solo e sobre sua estabilidade (SILVA e MIELNICZUK, 1998). A mudança na forma de manejo do solo do preparo convencional “PC” para sistema de semeadura direta “SSD”, altera atributos físicos e químicos do solo podendo afetar a produtividade das culturas.

O PC em geral, promove um intenso revolvimento do solo na camada superficial, o que pode favorecer a decomposição da matéria orgânica, ocasionando considerável efeito prejudicial na qualidade física e química do solo. É comum a retirada da vegetação nativa para estabelecimento de atividades que deixam o solo exposto ao impacto direto das gotas das chuvas, trazendo como consequência o rompimento dos agregados (WOHLENBERG et al., 2004).

O preparo mínimo “PM” consiste em revolver o solo o mínimo necessário, mantendo os resíduos vegetais sobre o mesmo. De acordo com Gonçalves e Benedetti (2005), o PM possui varias vantagens dentre elas o autor cita a melhoria ou manutenção dos atributos físicos do solo.

O SSD é um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao sistema tradicional de manejo, envolvendo técnicas de produção que preservam a qualidade ambiental. Fundamenta-se na ausência de preparo do solo e na cobertura permanente do terreno. O SSD reduz em cerca de 75% as perdas de solo e em 20% as perdas de água, em relação às áreas onde há revolvimento do solo (OLIVEIRA et al., 2002).

Visando a melhoria da qualidade dos solos, no cerrado é comum à utilização de espécies de cobertura de solo, essas espécies ocupam as áreas antes da cultura principal. A contribuição das espécies de cobertura do solo se reflete não só em termos de nutrição da cultura em sucessão, mas também na melhoria das condições físicas e biológicas do solo (PAVINATO et al., 1994).

A utilização de cobertura de restos vegetais na superfície do solo, além de proteger da radiação solar, protege também contra o impacto das gotas de chuva,

reduz a evaporação de água, ajuda no controle de plantas daninhas e constitui uma reserva de nutrientes considerável (ROSOLEM et al., 2003).

A escolha de espécies vegetais para introdução nos sistemas de culturas depende da adaptação delas às condições de clima de cada região e do interesse do produtor (SILVA e ROSOLEM, 2001). Segundo Alvarenga et al. (2001) e Chaves e Calegari. (2001) as espécies escolhidas devem crescer bem em condições de baixa a média fertilidade do solo, e devem ter capacidade de adaptação a baixos valores de pH do solo (ERNANI et al., 2001). A produção de fitomassa das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias e principalmente do seu sistema radicular (AMADO et al., 2002). Quanto mais o sistema radicular penetrar no solo, tanto maior será a produção de biomassa, além de promover a descompactação do solo.

O milho é uma gramínea muito cultivada na entressafra, constituindo-se como a principal cobertura vegetal usada na região do Cerrado, por ser considerada uma planta pouco exigente em relação ao solo (SILVA et al., 2003).

Dentre as coberturas vegetais mais utilizadas antes da cultura principal para adubação verde e formação de palhada, a crotalária destaca-se por ser leguminosa com alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico e produção de matéria seca (SALGADO et al. 1982). Apresenta também sistema radicular profundo e ramificado, capaz de absorver nutrientes das camadas mais profundas e trazê-los para camadas mais superficiais, além de favorecer a descompactação do solo.

Outra forma de proteger o solo na entressafra bastante utilizada no cerrado brasileiro é o chamado “pousio” no qual a cobertura é proporcionada por plantas que surgem voluntariamente, esse sistema compõe a maior parte das áreas cultivadas em SSD, principalmente as da região de Cerrado, muitas vezes em razão do desconhecimento dos benefícios das plantas de coberturas para a manutenção do potencial produtivo do solo (CALEGARI, 2004).

Os resíduos de leguminosas têm grande importância como fornecedores de N, podendo contribuir para a diminuição da acidez do solo e da relação C/N da matéria orgânica, além de fazer a redistribuição do potássio (HARGROVE, 1986). Em contrapartida, os resíduos das gramíneas promovem a melhoria do solo, por possuírem maior conteúdo de lignina, possibilitando aumento em ácidos carboxílicos

e ácidos húmicos nos substratos (PRIMAVESI, 1982), favorecendo a estruturação e a estabilidade dos agregados do solo (FASSBENDER e BORNEMISZA, 1994).

A produtividade da soja é definida pela interação da planta com o ambiente e o manejo. Altos rendimentos somente serão obtidos quando as condições supracitadas forem favoráveis em todos os estádios de crescimento da cultura. Com isto, estudos sobre o manejo de solos se tornam fundamentais para aprimorar o rendimento desta cultura (GILIOLI et al., 1995).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos diferentes sistemas de preparo de solo e das diferentes plantas de cobertura nos atributos físicos- químicos do solo e na produtividade de grãos da cultura da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja *Glycine max* é uma das mais importantes culturas na economia mundial. Seus grãos são muito usados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. Recentemente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO & ROSSI, 2000).

No Brasil, o primeiro relato sobre o surgimento da soja através de seu cultivo é de 1882, no estado da Bahia (BLACK, 2000).

Na safra 13/14 o Brasil possui uma área de aproximadamente 30 milhões de hectares plantados com esta cultura, com uma produtividade esperada de 90 milhões de toneladas, a região centro oeste a principal região produtora do país contribui com cerca de 13.650 milhões de hectares, e deste o mato grosso do sul com uma área de 2,120 milhões de hectares (CONAB, 2014).

Dentre os fatores que contribuem para o aumento no consumo mundial de soja está principalmente o crescente poder aquisitivo da população nos países em desenvolvimento, o que vem provocando uma mudança no hábito alimentar. Assim, observa-se cada vez mais a troca de cereais por carne bovina, suína e de frango. Tudo isso, resulta numa maior demanda de soja, ingrediente que compõe 70% da ração para esses animais (VENCATO et al., 2010). Não menos significativo é o crescente uso de biocombustíveis fabricados a partir do grão, resultado de um

ascendente interesse mundial na produção e no consumo de energia renovável e limpa.

2.2 SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO

2.2.1 Preparo convencional

Entende-se como preparo do solo, o conjunto de operações realizadas antes da semeadura, para revolver o solo, expondo-o ao ar, ao sol e à ação das máquinas, além de incorporar fertilizantes, corretivos e restos de culturas anteriores, e enterrar a cobertura vegetal como forma de controlar as plantas daninhas (FOLLE e SEIXAS, 1986). No preparo de solo convencional os resíduos são incorporados na quase totalidade, deixando a superfície a mercê da ação erosiva das chuvas (ARAÚJO, 2008).

Como vantagem de se realizar plantio sobre o preparo de solo convencional pode ser mencionado o momento inicial pós preparo, em que a pulverização do solo melhora o contato solo-semente. Segundo Popinigis (1985), este fato facilita a germinação, e no caso da inexistência de um selamento superficial, também facilita a emergência das plântulas.

Os aspectos positivos dos preparos convencionais em relação aos outros manejos são perdidos, quando o solo, descoberto pelo efeito do preparo, é submetido às chuvas erosivas, as quais o desagregam na superfície pelo impacto das gotas, diminuem a taxa de infiltração de água Bertol et al. (2001) e aumentam o escoamento superficial e a erosão hídrica (BERTOL et al., 1997).

O uso dessa prática por anos sucessivos, além de ocasionar excessiva degradação física do solo, com o preparo de uma camada muito superficial (0,12 a 0,15 m), pode levar à formação de uma camada pouco permeável abaixo da sua superfície, conhecida como “sola-de-grade” ou “pé-de-grade” (FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 1993).

O uso impróprio de equipamentos para o preparo do solo proporciona diminuição da eficiência dos insumos aplicados, degradação do solo, e erosão, tendo como resultante a degradação dos atributos físicos e químicos do solo (FERNANDES et al., 1983).

2.2.2 Preparo Mínimo

No preparo mínimo, a mobilização do solo é menor, quando comparado ao sistema convencional. Neste sistema, efetua-se um preparo reduzido do solo, até aproximadamente 60 dias antes da semeadura da cultura, para promover a germinação das sementes de plantas daninhas e voluntárias, bem como, reduzir as irregularidades da superfície do solo e possíveis camadas compactadas superficialmente provocadas pelas colhedoras.

O sistema de preparo mínimo, por possibilitar baixa inversão da leiva de movimentação, menor número de operações e baixa incorporação dos resíduos vegetais, apresenta vantagens em relação aos sistemas tradicionais de mobilização, em função do menor custo de preparo e da redução das perdas de solo e água. Por outro lado, Moraes (1984) afirmou que a redução da erosão é obtida pela existência dos resíduos culturais na superfície do solo, assim como pelo aumento da rugosidade superficial e da porosidade, melhorando, desse modo, a infiltração de água no seu perfil (DALLMEYER, 1994).

De acordo com Gonçalves e Benedetti (2005), o preparo mínimo possui varias vantagens dentre elas o autor cita a melhoria ou manutenção dos atributos físicos do solo.

2.2.3 Sistema de Semeadura Direta

O sistema de semeadura direta é uma técnica eficiente no controle das perdas de solo e água, razão essa que, juntamente com outras vantagens que o sistema oferece, tem sido adotado por um número cada vez maior de agricultores. O sistema de semeadura direta é um sistema de manejo do solo onde os restos vegetais são deixados na superfície do solo. O solo é revolvido apenas no sulco onde são depositadas sementes e fertilizantes. As plantas daninhas são controladas por herbicidas.

Para melhor entender os princípios científicos envolvidos no sistema de semeadura direta, este passou a ser utilizado como um sistema composto por um

complexo ordenado de práticas agrícolas, inter-relacionadas e interdependentes (KOCHHANN e DENARDIN, 2000).

Comparado a outros métodos de cultivo, ele se sobressai por apresentar uma elevada atenuação da energia de impacto das gotas de chuva com solo, pelo amortecimento que sua camada de cobertura morta proporciona contra a manifestação da erosão (DERPSCH et al., 1991).

No entanto, apesar das inúmeras vantagens, o não revolvimento do solo aliado ao tráfego de máquinas têm causado frustrações com a adoção dessa tecnologia, motivando o retorno ao sistema convencional de preparo do solo. Dentre estes, destaca-se a excessiva compactação do solo em superfície, decorrente da ausência de revolvimento do solo e da ocorrência sistemática do tráfego de máquinas e implementos.

Culley et al. (1987) observaram que no sistema de semeadura direta o tráfego das máquinas, associado apenas à semeadura e à aplicação de herbicidas, eliminou os benefícios da baixa resistência à penetração e a capacidade de infiltração. A resistência do solo à penetração foi um indicador mais sensível dos efeitos do tráfego do que a densidade do solo.

Costa et al. (2003) e Albuquerque et al. (1994) verificaram que solo sob sistema de semeadura direta apresentou maior densidade na camada superficial.

2.3 PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO

2.3.1 Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L) Leeke) tem sido usado em muitas regiões do mundo como alternativa para aliviar o problema da escassez de forragem na época fria e seca do ano. No Brasil, o milheto é uma gramínea muito cultivada na entressafra, constituindo-se como a principal cobertura vegetal usada no sistema de semeadura direta na região do Cerrado, caracterizando sua grande importância na ciclagem de nutriente e conservação do solo (SILVA et al., 2003).

Apresenta bom comportamento na maioria dos solos, desde que não estejam sujeitos ao encharcamento, desenvolvendo-se melhor do que outros cereais nos arenosos. Além do mais apresenta apreciável produtividade de massa seca

naqueles de baixa fertilidade, pela sua alta eficiência na absorção de água e nutrientes (LUPATINI, 1996). Um dos seus efeitos úteis é a cobertura do solo com massa seca, que exerce proteção contra intempéries, além de liberar quantidades consideráveis de nutrientes nas camadas superficiais do solo (NETTO, 1998).

Em condições de solo e clima às vezes bastante inóspitos, o milho desenvolve um sistema radicular profundo, que permite à planta aproveitar melhor os nutrientes que estão abaixo da camada superficial do solo, além disso, as grandes raízes auxiliam na descompactação, reestruturação do solo e permite acesso à água em períodos de seca (SALTON e KICHEL, 1998).

A capacidade que o milho tem de aproveitar os nutrientes do solo permite um crescimento vigoroso, chegando a 2 metros de altura; a lenta decomposição de sua palhada, liberando lentamente os nutrientes absorvidos pela planta, tornando-os disponíveis para as culturas subsequentes é outra vantagem do milho (CHAGAS, 2004).

Gonçalves et al. (2006), em trabalho realizado em vasos com camadas compactadas, verificaram que o milho foi superior na produção de matéria seca da parte aérea e no aprofundamento do sistema radicular no solo, quando comparado ao amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), capim-pé-de-galinha gigante (*Eleusine coracana*) e kenaf (*Hibiscus cannabinus*).

2.3.2 Crotalária

A crotalária possui ampla adaptação às regiões tropicais do mundo, mesmo em solos arenosos, soltos e com fertilidade diminuída, embora seja muito sensível ao alumínio do solo. Ela destaca-se entre as espécies da família das leguminosas que têm sido utilizadas para a finalidade de adubação verde, sendo planta de ciclo anual, arbustiva, de porte ereto e crescimento determinado, a qual pode atingir 2 a 3 metros de altura, alcança uma produtividade entre 40 a 60 toneladas de massa verde e 6 a 8 toneladas de massa seca por ciclo e fixa entre 180 e 300 kg ha⁻¹ de N, dos quais 60% ficam no solo, 30% vão para as plantas semeadas após a adubação verde e 10% se perdem do sistema solo-planta (FORMENTINI et al., 2008 e LOPES et al., 2008).

O gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae) consiste de cerca de 500 espécies, localizadas em áreas tropicais e subtropicais. Inicialmente era considerada uma planta daninha, mas hoje ela tem importância econômica tanto pelo seu uso no controle de nematóides Miranda (1981) quanto pela produção de forragem Rizzini e Mors (1995), produção de fibras, adubação verde, e controle da erosão do solo (MILLER, 1967).

Dentre as coberturas vegetais mais utilizadas antes da cultura principal para adubação verde e formação de palhada, a crotalária destaca-se por ser leguminosa com alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico e produção de matéria seca (SALGADO et al., 1982),

A dinâmica da decomposição da crotalária pode ser muito interessante para um sistema de rotação de culturas. Os talos permanecem por um período maior sobre o solo, protegendo-o da erosão, da radiação solar e exercendo seu efeito supressor/alelopático. As folhas e vagens, por sua vez, são rapidamente decompostas, liberando seus nutrientes para as culturas em sucessão (MIOTTO et al, 2007).

Silva e Menezes (2007) concluíram que a adubação verde com crotalária elevou a quantidade de N mineral do solo no período inicial de cultivo.

Perin et al. (2004) em trabalho onde foi avaliado os efeitos dos cultivos isolado e consorciado dos adubos verdes de verão crotalária e milho na produção de fitomassa, concluíram que a crotalária apresentou maior produção de fitomassa, que foi 108% maior que a da vegetação espontânea e 31% superior a do milho e no consórcio crotalária + milho, a leguminosa contribuiu com 65% da massa de matéria seca total.

2.3.3 Pousio

Outra forma de proteger o solo na entressafra muito utilizado nas áreas de cultivo no cerrado brasileiro é o chamado “pousio” no qual a cobertura é proporcionada por plantas que surgem voluntariamente, esse sistema compõe a maior parte das áreas cultivadas em SSD, muitas vezes em razão do desconhecimento dos benefícios das plantas de coberturas para a manutenção do potencial produtivo do solo (CALEGARI, 2004).

Segundo Sanchez (1995), o período de pousio não aumenta a fertilidade do solo por si próprio, e sim pelo acúmulo de carbono na matéria orgânica e fixação de nitrogênio atmosférico. Os pousios, principalmente, acumulam nutrientes na biomassa da planta, que podem ser extraídos pelas colheitas futuras, após o corte e a queima.

2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

2.4.1 Porosidade do solo

Sendo o solo, do ponto de vista físico-químico coloidal, um sistema trifásico disperso, a caracterização de sua porosidade total é de grande importância para a adoção do manejo adequado. Isso porque, este sistema está estreitamente ligado à dinâmica do armazenamento e de movimentação de água, assim como à circulação de ar no seu interior, essenciais aos processos bioquímicos das plantas, sobretudo àqueles relacionados com a produtividade vegetal. Em relação ao solo agrícola ideal, sua porosidade total, é definida como sendo a porção do volume do solo não ocupada pelas partículas sólidas. Dela fazem parte a microporosidade, que é responsável pelo armazenamento de água, e a macroporosidade, representada pelo volume de poros responsáveis pela aeração das raízes.

A porosidade total é um dos atributos físicos mais importantes a ser considerado na avaliação da qualidade estrutural do solo. Ao reduzir o volume de macroporos, uma vez que os mesmos são responsáveis pela aeração do solo diminui a aeração do solo, podendo afetar o desenvolvimento e a produtividade das plantas (HILLEL, 1998).

Os microporos são os responsáveis pelo armazenamento de água no solo. A água é obrigatória nas reações do metabolismo vegetal, além de atuar especificamente como meio de transporte de nutrientes na planta e entre o sistema solo-planta (ROBINSON, 1960; RESENDE et al., 1988; TAIZ e ZEIGER, 2004; EPSTEIN e BLOON, 2006).

Carter (1990) observou que macroporosidade maior que 0,12 a 0,14 m⁻³ são adequados para a aeração do solo e para a produção de grãos.

Para Kiehl (1979), um solo em condições ideais para o desenvolvimento vegetal deve apresentar 1/3 da porosidade total formada por macroporos e os 2/3 restantes por microporos.

Silva e Kay (1997) salientam que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura e teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo, originada do tráfego de máquinas, implementos, etc.

2.4.2 Densidade do solo

A resistência do solo à penetração de raízes e a densidade do solo estão relacionadas com o estado de compactação deste, e muitos trabalhos têm buscado valores que causem restrições ao crescimento das raízes das plantas e diminuição da produtividade.

A determinação da densidade do solo é um método comum para se avaliar a compactação. A densidade do solo aumenta quando os constituintes do solo ficam mais próximos uns dos outros e/ou as partículas menores ocupam os espaços vazios entre as maiores (DIAS JUNIOR e PIERCE, 1996 e SWEIGARD e BLUESTEIN, 2000).

Segundo Doran et al. (1994) a densidade do solo é considerada um atributo avaliador da qualidade estrutural do solo, sendo muito utilizada como indicadora de sua estrutura e dureza. Desta forma, alterações dos seus valores refletem em modificações da estrutura do solo, devido à relação que existe entre a densidade e a porosidade total. Segundo Kochhann et al. (2000), a compactação do solo é entendida como o aumento da sua densidade, resultante da complexa interação entre os processos físicos, químicos e biológicos diretamente relacionados com sua massa/volume.

O nível crítico da densidade do solo, acima do qual o solo é considerado compactado, ainda é um assunto controverso. Camargo e Alleoni (1997) consideraram crítico o valor de $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ em solos franco argilosos a argilosos. De Maria et al. (1999) constataram que acima de $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$, em Latossolo Vermelho Escuro, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes, o que caracteriza um estado de compactação do solo.

2.4.3 Resistência do solo à penetração e umidade

A resistência do solo à penetração “RSP” é um dos atributos físicos utilizados na avaliação do grau de compactação do solo, estando relacionada com a facilidade com que as raízes penetram o solo.

A resistência do solo a penetração apresenta relações diretas com o crescimento das plantas, sendo mais eficiente na identificação da compactação quando acompanhada da umidade e da densidade do solo (FREDDI et al., 2006).

O crescimento radicular é negativamente relacionado com a resistência a penetração (COLLARES et al., 2005).

Resultados experimentais têm evidenciado que a RSP é uma dos atributos físicos que frequentemente restringe o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas em solo sob SSD (TORMENA et al., 1996; COLLARES, 2005; BEUTLER et al., 2006).

A umidade do solo é inversamente relacionada à resistência à penetração, sendo esta muito baixa quando a umidade do solo encontra-se próximo à saturação (TORMENA et al., 1999). A densidade do solo apresenta uma correlação direta com a resistência à penetração (MEROTTO JR e MUNDSTOCK, 1999).

Reichert et al. (2007), recomenda a avaliação da resistência a penetração quando o teor de água do solo estiver próximo do valor da capacidade de campo. Entretanto, quando obtida no momento em que a umidade do solo estiver ao redor de 2/3 da microporosidade (solo friável/macio) (ROSA FILHO, 2008), a maioria dos trabalhos tem adotado a seguinte classificação de resistência à penetração (RP), estabelecida por Arshad et al. (1996): a) extremamente baixa: $RP < 0,01$ MPa; b) muito baixa: $0,01 \leq RP < 0,1$ MPa; c) baixa: $0,1 \leq RP < 1,0$ MPa; d) moderada: $1,0 \leq RP < 2,0$ MPa; e) alta: $2,0 \leq RP < 4,0$ MPa; f) muito alta: $4,0 \leq RP < 8,0$ MPa e g) extremamente alta: $RP > 8,0$ MPa.

Tormena (1998), ao analisar a resistência à penetração de um Latossolo Roxo sob semeadura direta e convencional, verificaram que, quanto menor a umidade volumétrica do solo, maior a resistência, cujo fato eles atribuíram ao menor efeito lubrificante da água ao redor das partículas em solos com menor teor de umidade.

2.5 Atributos Químicos do Solo

2.5.1 Potencial Hidrogênionico

O pH é, um dos atributos químicas do solo mais importantes para a determinação da produção agrícola (FAGERIA e SANTOS, 2000).

O conhecimento da relação entre a acidez do solo e o crescimento e desenvolvimento das plantas é fundamental para o estabelecimento das práticas corretivas dessa acidez, que visem à maior eficiência, tanto dos sistemas de produção agrícola como do uso dos recursos naturais (SOUZA et al., 2007).

A calagem é a prática mais utilizada para correção da acidez do solo e, quando realizada de modo adequado, eleva o pH e a saturação por bases, além de fornecer Ca e Mg. A elevação do pH tem influência direta na redução da toxidez por Al, podendo alterar a disponibilidade de nutrientes para as plantas (MIRANDA; MIRANDA, 2000).

O pH do solo influencia também a atividade de microrganismos do solo que estão ligados com a mineralização da matéria orgânica, nitrificação, fixação biológica de nitrogênio e infecção do sistema radicular com micorrizas, que aumentam a disponibilidade de nutrientes. É portanto, um dos atributos químicos do solo mais importantes para a determinação da produção agrícola (FAGERIA e SANTOS, 2000).

De acordo com Abreu et al. (2007) deficiências também dos micronutrientes estão associadas à calagem excessiva e conseqüente elevado valor do pH do solo.

Souza et al. (2010) concluíram que absorção de Mn pela soja foi significativamente modificada pelo pH inicial dos solos. Tisdale et al. (1985) relacionaram o pH com a disponibilidade e transporte do Zn no solo.

2.5.2 Cálcio

O cálcio tem importante função no solo, sendo que este contribui para a melhoria da fertilidade, deslocando o hidrogênio da superfície das partículas, quando o calcário é adicionado para reduzir a acidez.

As deficiências de cálcio podem não ser muito frequentes no campo porque os efeitos secundários de deficiência, como acidez elevada, geralmente limitam primeiro a produção (FERNANDES, 2006).

O cálcio tem influência direta na estrutura e na resistência da parede celular Taiz e Zieger (2004) e sua deficiência nos tecidos das plantas causam aspecto gelatinoso nas pontas das folhas e nos pontos de crescimento, o que se deve à necessidade de pectato de cálcio para a formação da parede celular.

A absorção desse nutriente não depende somente da sua disponibilidade em torno das raízes, mas também da sua concentração, porque há um limite para o somatório dos cátions que podem ser absorvidos simultaneamente pela planta (GREENWOOD e STONE, 1998).

A deficiência deste nutriente não é comum em condições de campo, o mesmo possui uma importância grande para o crescimento das raízes nas camadas mais profundas. Fato este muito importante para a Região do Cerrado, em que 77 % dos solos apresentam teores inferiores a 0,4 cmolc dm⁻³ de cálcio, na camada de 20-50 cm no perfil (NOVAIS et al., 2007).

Os sintomas de Ca são mais visíveis nas folhas mais novas porque o mesmo é um elemento praticamente imóvel no floema (MARSCHNER, 1995). As folhas adquirem uma cor verde pálida, com algumas pontuações amareladas, e as folhas novas secam. No caso de deficiência muito acentuada, aparece um fendilhamento nas folhas, cor avermelhada e rachaduras nas bases. As plantas apresentam menor tamanho e são parcialmente cloróticas (MANICA, 1999).

Azabadi et al (2011) afirma que a maior intensidade visual do verde nas folhas das plantas de milho submetidas à deficiência de Ca deve-se ao fato do crescimento ser mais afetado do que a síntese de clorofila, resultando em uma maior concentração desta nos tecidos.

2.5.3 Magnésio

O magnésio (Mg) é um macronutriente que desempenha várias funções nas plantas, é constituinte da molécula de clorofila, participa no controle do pH celular, síntese de proteínas, ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e,

principalmente, aquelas envolvidas na transferência de grupos fosfatos (fosfatases e ATPases) (MARSCHNER, 1995).

Malavolta (1980) afirmou que o magnésio ativa mais enzimas do que qualquer outro nutriente. É também cofator de quase todas as enzimas fosforiladas, formando uma ponte entre o pirofosfato do trifosfato de adenosina (ATP) ou do difosfato de adenosina (ADP) e a molécula da enzima. A transferência de energia desses dois compostos é fundamental nos processos de fotossíntese, respiração, reação de síntese dos compostos orgânicos, absorção iônica e trabalho mecânico realizado pela planta.

O Mg nas plantas, faz parte da molécula de clorofila, porém, apenas uma pequena proporção, cerca de 15 a 20% do Mg total, está ligado a esta molécula, que se encontra nas membranas dos tilacoides nos cloroplastos White e Broadley (2009), e esse percentual pode ser maior ou menor dependendo da quantidade de Mg na planta.

O magnésio ocupa posição central na molécula da clorofila e funciona como ativador de muitas enzimas. Serve como ponte entre o ATP e compostos orgânicos, como açúcares, que serão transformados por enzimas. Quando ocorre deficiência de magnésio, as folhas mais velhas ficam amarelas entre as nervuras e caem prematuramente, e a formação das sementes é prejudicada (MALAVOLTA et al., 2002).

O citoplasma é outro compartimento que pode ter de 10 a 20% do Mg e o restante está localizado no vacúolo celular (MARSCHNER, 1995).

Os sintomas da deficiência em Mg, na maioria das plantas, fazem sua primeira aparição nas folhas totalmente expandidas e sistematicamente progridem a partir delas para as mais jovens, sendo um sintoma característico à clorose internerval (BENNETT, 1997).

Na deficiência de magnésio ocorre translocação desse nutriente das folhas maduras para as mais jovens, de tal forma que sintomas visuais são observados primeiramente nas folhas maduras. Os sintomas de deficiência aumentam de acordo com a intensidade luminosa que as folhas são expostas (MARSCHNER, 1995).

Pesquisadores do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (1984), trabalhando com pastagens de *Brachiaria humidicola* em degradação, obtiveram aumento na produção de massa seca com aplicação de magnésio de 10 kg ha⁻¹,

evidenciando a importância da aplicação de magnésio como nutriente quando não adicionado calcário para correção da acidez do solo, o qual pode ter em sua composição quantidades suficientes de magnésio para suprir a necessidade das culturas.

2.5.4 Potássio

O potássio é o segundo nutriente mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais, depois do N, e tem alta mobilidade na planta, em qualquer concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema ou no floema. Esse nutriente não é metabolizado na planta e forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade, além de ser o íon mais abundante nas células vegetais (Marschner, 1995).

O potássio do solo é formado pelo K da solução, o K trocável, o K não trocável (fixado) e o K estrutural, e o suprimento de K para as plantas advém da solução e dos sítios de troca dos colóides do solo, que estão em equilíbrio com o K não trocável e com o K estrutural dos minerais (Sparks & Huang, 1985).

As plantas absorvem o potássio da solução, a qual é tamponada pelas formas trocáveis, que são repostas pelas não-trocáveis e estruturais (CURI et al., 2005). Essas formas não-trocáveis e estruturais são formas de reservas para a planta, enquanto a trocável e da solução são formas prontamente disponíveis.

O potássio participa da translocação dos carboidratos sintetizados no processo fotossintético, da síntese proteica e da ativação enzimática, sendo que em casos de deficiência algumas plantas passam a acumular carboidratos solúveis e reduzem o acúmulo de amido e compostos nitrogenados. É absorvido na forma de K^+ , não sofrendo alterações em sua forma no interior das plantas (MARSCHNER, 1995).

3 REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: 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.645-736.
- ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E. Variação temporal da estabilidade estrutural em Podzólico Vermelho-Amarelo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 275-280, maio/jul. 1994.
- ARAUJO, M. A. de. **Modelos agrometeorológicos na estimativa da produtividade da cultura da soja na região de Ponta Grossa – Paraná**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- ARSHAD, M. A.; LOWER, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of America**, Madison, n.49, p.123-141, 1996. (Special Publication, 49).
- AZABADI, M. A. et al. Effect of calcium and gypsum on yield, yield elements, iron, copper and zinc uptake by corn at two soil textures. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources**, v. 16, n. 57, p. 171-181, 2011.
- BENNETT, W. F. **Nutrients deficiencies e toxicities in crop plants**. 2nd ed. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 1997. 7 p.
- BERTOL, I. ; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, PIRACICABA, SP, 2001.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após a colheita de milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.409-418, 1997.
- BEUTLER, A. N. et al. Intervalo hídrico ótimo e produtividade de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 639-645, jul./set., 2006.
- BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). Soja: tecnologia de produção II. Piracicaba: ESALQ, p.1-18, 2000
- CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **R. Plantio Direto**, 80:62-70, 2004.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1997. 132p.

CARTER, M. R. Relationship of strength properties to bulk density and macroporosity and cultivated loamy sand to loam soils. **Soil and Tillage Research**, v. 15, p. 257-268, 1990.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Informe anual - 1983: programa de pastos tropicales**. Cali, 1984. p.179-203: Suelos/ nutricion plantas.

CHAGAS, R. C. S. **Avaliação de fontes de silício para as culturas do arroz e milho**. Piracicaba, 2004. 80p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

COLLARES, G. L. **Compactação em Latossolos e Argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas**. 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

COSTA, et al. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelo sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 527-535, maio/jun. 2003.

COSTA NETO, P. R. & ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, QUARTO levantamento, fevereiro 2014.

CULLEY, J. L .B.; LARSON, W. E; RANDALL, G. W. Physical properties of a typic Haplaquoll under conventional and no-tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.1583-1587, 1987.

CURI, N.; KAMPF, N.; MARQUES, J.J. **Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros**. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 2005. p. 71-86.

DALLMEYER, A. U. **Avaliação energética e desempenho operacional de equipamentos de preparo do solo**. 1994. 168 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular da soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.703-709, 1999.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, V. **Controle de erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo**

conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit/Instituto Agronômico do Paraná, 272p., 1991.

DIAS JUNIOR, M. de S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.175-182, 1996.

DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994.

EPSTEIN, E.; BLOON, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. **Influência do pH na produtividade do feijoeiro no sistema plantio direto em solo do cerrado.** Disponível em: <www.cnpfa.embrapa.br/conafe/pdf/conafe2000.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2013.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D.; MANNERING, J. V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros em dois solos (Typic Argioquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.329-333, 1983.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas.** Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, 305 p.

FORMENTINI, E. A.; LÓSS, F. R.; BAYERL, M. P.; LOVATI, R. D.; BAPTISTA, E. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem.** Vitória, 2008, 27p.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz.** Jaboticabal: FUNEP, 1993. 321p.

FOLLE, S. M.; SEIXAS, J. M. Mecanização agrícola. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel/Embrapa-CPAC, 1986. p.385-408.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; CARVALHO, G. J. VERONESE JUNIOR, V. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p.113-121, 2006.

GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2005. 427 p.

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

GREENWOOD, D.J.; STONE, D. Prediction and measurement of the decline in the critical-K, the maximum-K and total cation plant concentration during growth of field vegetables crops. **Annals of Botany**, v.82 p.871-881, 1998.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego: Academy Press, 769p., 1998.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979, 215p.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 20).

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; BERTON, A. L. **Compactação e descompactação de solos**. Passo fundo: Embrapa trigo, 2000. 20p.

LOPES, H. M.; QUEIROZ, O. A.; MOREIRA, L. B. Características agronômicas e qualidade de sementes de crotalária (*Crotalaria juncea* L.) na maturação. **Revista Universidade Rural**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p.24-30, 2005.

LUPATINI, G. C. **Produção animal em milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). Submetido a níveis de adubação nitrogenada**. 1996. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica. Ceres,. 1980.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubo e Adubações**, São Paulo: Agronômica Ceres, 2002, 200p.

MANICA, I. **Fruticultura tropical 5: abacaxi**. Porto Alegre: CINCO CONTINENTES, 1999. 501p.

MARSCHNER, H. **Functions of mineral nutrients:macronutrients**. In: MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. p.231-255.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic, 1995. 285 p.

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

MILLER, R.H. *Crotalaria* seed morphology, anatomy and identification. **Technical Bulletin**, v. 1373, n. 1, p. 1-73, 1967.

MIOTTO, A; PREDEBON, R.; WILDNER, L. do P.; DENARDIN, R. B. N; GATIBONI, L. C.; GIURIATTI, A. **Comportamento da cobertura solo durante a decomposição da fitomassa de *Crotalaria juncea* L. em condições de campo**. Disponível em:

<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/CBCS_Gramado/Arquivos%20trabalhos/Comportamento%20da%20cobertura%20solo_Alcione.pdf>. Acesso em: 30 out. 2011.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. de. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei pouco húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 209-215, 2000.

MIRANDA, M.A.C. **Sistemas de incompatibilidade e autoincompatibilidade em *Crotalaria juncea* L.** 1981. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

MORAES, W. V. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivos.** 1984. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Minas Gerais, Lavras, 1984.

NETTO, D. A. M. **A cultura do milheto.** Campo Grande: EMBRAPA-CNPMS, 1998. 6p. (Com. Técnico, 11).

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa 2007, 1^a ed. 741p.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente** 2. ed. Brasília: Abrates, 1985. 286p.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 2, p. 49-135.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações.** Brasília: Mec/Esal/Potafos, 1988. 81 p.

RIZZINI, C.T.; MORS, W.B. **Botânica econômica.** 2.ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1995.

ROBINSON, G. W. **Los suelos: su origen, constitución y clasificación.** Barcelona: Omega, 1960. 515 p.

ROSA FILHO, G. **Produtividade da soja em função de atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob plantio direto.** 2008. 89f. Dissertação. (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

SALGADO, A.L.B. et al. Efeito da adubação NPK na cultura da crotalária. **Bragantia**, Campinas, v. 41, n. 3, p. 21-23, 1982.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto uma alternativa para a cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, n. 45, p. 41 – 43, 1998.

SÁNCHEZ, P. A.; GARRITY, D. P.; BANDY, Dale E.; TORRES, F.; SWIFT, M. J. Alternativas sustentáveis à agricultura migratória e a recuperação de áreas degradadas nos trópicos úmidos. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS DEGRADADAS E FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA, 1993, Santarém, PA., **Anais...** Rio Piedras: Internacional Institute of Tropical Forestry/USDA – Forest Service, 1995. p. 01-13.

SILVA, A.P. & KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 61:877-883, 1997.

SILVA, G. F.; ERASMO, E. A. L.; SARMENTO, R. A.; SANTOS, A. R.; AGUIAR, R. W. S. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milheto (*Pennisetum americanum* Schum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v. 19, n. 3, p.31-34, 2003.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II – Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 51-61, 2007.

SOUZA, D. M. G. S.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. V. A acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo: a acidez do solo e sua correção**, Viçosa, 2007. Cap. 5, p. 205-274.

SOUZA, Luiz Humberto et al . Efeito do pH do solo rizosférico e não rizosférico de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 34, n. 5, out. 2010.

SWEIGARD, R. J.; BLUESTEIN, P. **Use of field measurements to predict reforestation success**. University of Kentuchi, p.129-141, 2000.

SPARKS, D.L.; HUANG, P.M. **Physical chemistry of soil potassium**. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p.201-276.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. New York: MacMillan, 1985. 754p.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sobre plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 333-339, 1996.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Soil physical quality of a Brazilian oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. **Soil and Tillage Research**, v.52, p.223-232, 1999.

TORMENA, C.A. **Caracterização e avaliação do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo**. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

VENCATO, A. Z., et al. **Anuário Brasileiro da Soja 2010**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, p. 144, 2010.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets: iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, Hoboken, v. 182, p. 49-84, Apr. 2009.

CAPÍTULO 1 - INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DA CULTURA DA SOJA

RESUMO

A mudança na forma de manejo do solo, do preparo convencional para sistema de semeadura direta, altera atributos físicos do solo podendo afetar a produtividade das culturas. Com a finalidade de avaliar a densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, resistência do solo a penetração nas profundidades de 0- 0, 10 m, 0, 10- 0, 20 m- 0, 20- 0, 30 m e a produtividade de grãos da cultura da soja, instalou-se no ano agrícola de 2012/2013, um ensaio em área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS/CPCS), Campus de Chapadão do Sul (MS). Os sistemas de preparo de solo foram: preparo convencional (PC), preparo mínimo (PM) e sistema de semeadura direta (SSD), as plantas de cobertura utilizadas foram o milheto a crotalária e plantas voluntárias “pousio”. Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas. Para as profundidades de 0- 0, 10 m e 0, 10- 0,20 m não se obteve diferença estatística significativa para os diferentes atributos físicos do solo. Para a profundidade de 0, 20 m- 0, 30 m o milheto proporcionou as melhores características para densidade do solo, macro e microporosidade. O milheto proporcionou uma menor resistência do solo à penetração “RSP” para a profundidade de 0- 0, 10 m, para mesma profundidade o PC forneceu a menor RSP. Na profundidade de 0, 10- 0, 20 m o pousio proporcionou uma menor RSP para o sistema de PM. O SSD proporcionou os menores valores de RSP para a camada de 0, 10- 0, 20 m. Para a variável produtividade e peso de mil sementes “PMS” os diferentes tratamentos não proporcionaram diferença estatística significativa.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência do solo a penetração. Semeadura direta. Porosidade do solo.

CHAPTER 1 - INFLUENCE OF DIFFERENT SYSTEMS OF PREPARATION AND PLANTS IN COVERAGE OF PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL AND GRAIN YIELD OF SOYBEAN CROP

ABSTRACT

The change in soil tillage, conventional tillage to no tillage, alters soil physical properties can affect crop productivity. In order to assess the density, porosity, macro and microporosity, resistance to penetration depths from 0 to 0, 10 m, 0, 10 to 0, 20 m – 0, 20 to 0, 30 m and productivity grain of soybean, settled in the agricultural year 2012/2013, an essay in the experimental area of the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS/ CPCS), Campus of Plain South (MS). The tillage systems were: conventional tillage (CT), minimum tillage (MT) and no-tillage (SSD) system, cover crops used were millet and *C. juncea* plants voluntary "fallow". We used the randomized complete block design with split plots. To me the depths of 0- 0, 10- 0, 20 m not achieve statistical significant difference for the different soil physical properties. For a depth of 0, 20 to 0, 30 m o millet provided the best characteristics of soil bulk density, macro and microporosity. Pearl millet provided less resistance to penetration "RSP" for depth from 0 to 0, 10 m, the same depth for the PC provided the lowest RSP. In depth from 0, 10 to 0, 20 m o fallow yielded a lower RSP to the PM system. The SSD provided lower values for the RSP layer from 0, 10 to 0, 20 m. For productivity variable and thousand seed weight "SMP" the different treatments did not show a statistically significant difference.

KEY-WORDS: RSP. No tillage. Soil porosity.

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais metas da pesquisa em manejo de solos é identificar e desenvolver sistemas de cultivo de solo adaptados às condições edafoclimáticas, sociais e culturais regionais (COSTA et al., 2006).

Os sistemas de cultivo e os atributos do solo exercem influências sobre a agregação do solo e sobre sua estabilidade (SILVA e MIELNICZUK, 1998). A mudança na forma de manejo do solo, PC para SSD, altera atributos físicos do solo podendo afetar a produtividade das culturas.

O PC em geral, promove um intenso revolvimento do solo na camada superficial, o que pode favorecer a decomposição da matéria orgânica, ocasionando considerável efeito prejudicial na qualidade estrutural do solo. É comum a retirada da vegetação nativa para estabelecimento de atividades que deixam o solo exposto ao impacto direto das chuvas, trazendo como consequência o rompimento dos agregados (WOHLENBERG et al., 2004).

O PM consiste em revolver o solo o mínimo necessário, mantendo os resíduos vegetais sobre o mesmo. De acordo com Gonçalves e Benedetti (2005), o PM possui varias vantagens dentre elas o autor cita a melhoria ou manutenção das atributos físicas do solo.

O SSD é um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao sistema tradicional de manejo, envolvendo técnicas de produção que preservam a qualidade ambiental. Fundamenta-se na ausência de preparo do solo e na cobertura permanente do terreno. O SSD reduz em cerca de 75% as perdas de solo e em 20% as perdas de água, em relação às áreas onde há revolvimento do solo (OLIVEIRA et al., 2002).

Visando a melhoria da qualidade dos solos, no cerrado é comum à utilização de espécies de cobertura de solo, essas espécies ocupam as áreas antes da cultura principal. A contribuição das espécies de cobertura do solo se reflete não só em termos de nutrição da cultura em sucessão, mas também na melhoria das condições físicas e biológicas do solo (PAVINATO et al., 1994).

A utilização de cobertura de restos vegetais na superfície do solo, além de proteger da radiação solar, protege também contra o impacto das gotas de chuva,

reduz a evaporação de água, ajuda no controle de plantas daninhas e constitui uma reserva de nutrientes considerável (ROSOLEM et al., 2003).

O milho é uma gramínea muito cultivada na entressafra, constituindo-se como a principal cobertura vegetal usada na região do Cerrado, por ser considerada uma planta pouco exigente em relação ao solo (SILVA et al., 2003).

Dentre as coberturas vegetais mais utilizadas antes da cultura principal para adubação verde e formação de palhada, a crotalária destaca-se por ser leguminosa com alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico e produção de matéria seca Salgado et al. (1982), apresentando também sistema radicular profundo e ramificado, capaz de absorver nutrientes das camadas mais profundas e trazê-los para camadas mais superficiais, além de favorecer a descompactação do solo.

Outra forma de proteger o solo na entressafra bastante utilizada no cerrado brasileiro é o chamado pousio no qual a cobertura é proporcionada por plantas que surgem voluntariamente, esse sistema compõe a maior parte das áreas cultivadas em SSD, principalmente as da região de Cerrado, muitas vezes em razão do desconhecimento dos benefícios das plantas de coberturas para a manutenção do potencial produtivo do solo (CALEGARI, 2004).

A produtividade da soja é definida pela interação da planta com o ambiente e o manejo. Altos rendimentos somente serão obtidos quando as condições supracitadas forem favoráveis em todos os estádios de crescimento da cultura. Com isto, estudos sobre o manejo de solos se tornam fundamentais para aprimorar o rendimento desta cultura (GILIOLI et al., 1995).

O objetivo deste trabalho foi mensurar quantitativamente o efeito do SSD, PM do PC e de diferentes coberturas de solo “Milheto, Crotalária e Pousio” na densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade do solo e resistência do solo a penetração em diferentes profundidades, assim como o comportamento do rendimento de grão e do pms da cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2012/2013, em área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS/CPCS), Campus de Chapadão do Sul (MS), localizada na latitude 18°41'33" S e longitude

52°40'45" W, com altitude de 800 m. O clima segundo a classificação de Köppen é tropical úmido (Aw) com estação chuvosa no verão e seca no inverno com precipitação média anual local de 1.800 mm e temperatura média de 23,7 °C.

O solo no local do experimento foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), como Latossolo Vermelho distroférico. A cultivar de soja utilizada foi a CD 2737RR com densidade de 444.440 plantas. ha⁻¹. A adubação de semeadura foi feita de acordo com a necessidade para um rendimento de 4 toneladas. ha⁻¹ de acordo com a análise de solo (TABELA, 1), (SOUZA; LOBABATO, 2004).

TABELA 1. Análise de solo da área experimental.

Profundidade do solo (cm)	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P (mel)	MO*
	CaCl ₂	cmol _c dm ³					mg dm ⁻³	g dm ⁻³
00-20	4,5	2,3	0,4	0,28	6,1	0,14	5,3	28,4

A adubação de cobertura foi realizada a lanço no estagio V3 da cultura, constando de 70 kg de KCL. ha⁻¹ e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da soja da (EMBRAPA, 2005).

A área utilizada para o ensaio é uma área de lavoura que nos últimos 5 anos estava sendo utilizada com a cultura da soja no verão e o milho na segunda safra “safrinha”. Antes da semeadura das plantas de cobertura em fevereiro de 2012, foi feito um preparo do solo da área com um arado de aiveca, a fim de homogeneização da mesma. No dia 14 março de 2012 foi realizado a semeadura das plantas de cobertura e no dia 25/10/2012 a semeadura da soja.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas e com três repetições. As parcelas foram constituídas pelos três sistemas de preparo de solo: convencional (grade aradora e grade niveladora), mínimo (grade niveladora) e semeadura direta (primeiro ano de adoção do sistema) e as subparcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura de solo: milheto, crotalária e pousio “plantas voluntarias”.

O experimento contou com 9 tratamentos (3 sistemas de preparo de solo e 3 espécies de cobertura de solo) com 3 repetições. Cada subparcela teve a dimensão

de 15 linhas de semeadura espaçadas por 0,45 m de largura por 5 m de comprimento, totalizando cada parcela 33,75 m², espaçadas umas das outras por uma distância de 1 m, sendo a área útil utilizada para obtenção da produtividade constituída por 4 m lineares, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades de cada parcela.

A determinação da densidade e da porosidade do solo foi realizada em amostras indeformadas, coletadas no centro das camadas de 0-0,10 m 10-0,20 m e 0,20-0,30 m, com cilindros de aço inoxidável de 0,05 m de altura e 0,084 m de diâmetro em fevereiro de 2013, após colheita da soja. As amostras indeformadas foram utilizadas para determinação da porosidade total, macro e microporosidade e densidade do solo de acordo com método (EMBRAPA,1997).

A resistência do solo a penetração foi determinada pelo penetrômetro de registro eletrônico de dados PLG 1020 penetroLOG Falker. Foram realizadas 3 avaliações em cada parcela até a profundidade de 0,30 m.

A umidade do solo foi determinada por meio da coleta do solo com trado tipo caneca até a profundidade de 0,30 m, o qual foi seco em estufa a 105 °C até atingir peso constante para posterior análise dos dados de RP (EMBRAPA, 1997)

As plantas de soja utilizadas para obtenção da produtividade foram colhidas no estágio de ponto de plena maturação (R9).

Foram avaliados os seguintes atributos: densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, resistência do solo a penetração “no momento da colheita” e também o peso de mil sementes e produtividade de grãos da cultura da soja.

Os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os atributos físicos do solo, na qual apresenta efeito significativo apenas para o tratamento cobertura de solo para densidade do solo, macroporosidade e microporosidade na camada de 0,20- 0,30 m, para a camada de 0-0,10 m e 0,10– 0,20 m não houve diferença significativa.

TABELA 2. Densidade do solo, Porosidade total, Macro e Microporosidade nos sistemas de manejo e diferentes coberturas em camadas diferentes.

TRATAMENTO	Camada 0- 0, 10 m				Camada 0,10- 0, 20 m				Camada 0,20- 0, 30 m			
	DS	PT	MA	MI	DS	PT	MA	MI	DS	PT	MA	MI
	g cm ⁻³		%		g cm ⁻³		%		g cm ⁻³		%	
Cobertura (E)												
Milheto	1,18	53,50	29,05	24,44	1,30	46,27	18,9	27,37	1,23a	46,51	20,54a	27,63a
Crotalária	1,18	53,53	29,51	24,03	1,25	47,29	21,4	25,89	1,27ab	47,1	20,67ab	26,55ab
Pousio	1,17	51,16	26,47	24,69	1,29	44,99	17,8	27,19	1,30b	45,6	17,97b	25,82b
CV (%)	4,33	5,03	12,09	5,24	5,04	6,07	22,62	8,48	2,55	5,33	10,91	4,26
DMS	0,06	3,33	4,3	1,6	0,08	3,52	5,5	2,55	0,04	3,1	2,7	1,42
Manejo (S)												
Convencional	1,17	51,83	27,98	23,85	1,29	46,27	19,34	26,94	1,26	46,92	19,13	27,25
Mínimo	1,17	53,21	28,75	24,46	1,29	45,82	19,19	26,63	1,26	45,91	20,3	25,61
Direto	1,19	53,15	28,30	24,85	1,27	46,46	19,57	26,89	1,29	46,38	19,76	27,17
CV (%)	7.76	3.31	9.01	7.39	3.81	4.44	12.04	7.42	5.8	5.39	14.36	6.01
DMS	0.13	2.52	3.69	2.6	0.07	2.96	3.37	2.88	0.1	3.61	4.09	2.31
Cobertura (E)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	*
Manejo (S)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
E x S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DS: Densidade do Solo. PT: Porosidade Total. MA: Macroporos. MI: Microporos. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença mínima significativa. NS: teste F não significativo a 5%. * teste F significativo a 5%.

A não existência de diferença estatística para os atributos físicos do solo nas camadas de 0- 0,10 e 0,10- 0,20 m, pode estar associado a adoção dos sistema de manejo, já que este foi o primeiro ano da implantação.

Na camada de 0,20- 0,30 m a DS sofreu influência significativa das coberturas, sendo o milheto a cobertura que proporcionou a menor DS (TABELA, 2), este fato pode estar associado a maior distribuição radicular que o milheto proporciona para o sistema quando comparado com a crotalária e o pousio, devido a se tratar de uma gramínea e possuir sistema radicular fasciculado, além também das gramíneas possuírem uma maior relação carbono nitrogênio, e conseqüentemente um tempo maior para a decomposição de seus restos. Giacomini et al. (2003) afirmam que quanto maior a relação C/N, mais lenta a taxa de decomposição dos resíduos. Carneiro et al. (2008) observaram relação C/N no milheto “gramínea” superior ao guandu-anão “leguminosa”, sendo os valores de 38 e 21 respectivamente. Piveta et al. (2011) estudando o crescimento e atividade de raízes de soja em função do sistema de produção obteve seus melhores resultados quando a cultura antecessora a soja foi o milheto, sendo este a cultura que proporcionou o crescimento do sistema radicular até nas camadas mais profundas de 0,40-0,60 m.

Na profundidade de 0,20- 0,30 m também houve diferença significativa para a macro e microporosidade, sendo que a cobertura vegetal fornecida pelas plantas que surgiram de forma voluntária na área “pousio” proporcionou um valor menor para ambos. O valor obtido para macroporosidade pelo pousio no presente trabalho foi de 17,97% valor este muito importante pois se encontra superior ao que se considera limitante ao desenvolvimento das culturas, 10% como citam Secco et al. (2004). Os resultados obtidos mostram que a microporosidade seguem a ordem crescente para as plantas de cobertura: pousio, crotalária e milheto. A maior quantidade de microporos obtidos pela cobertura milheto, pode estar associado a maior distribuição radicular da cultura no perfil do solo. A importância dos microporos na relação solo-água-plantas está no fato destes armazenarem e reterem água no solo.

Houve efeito significativo para a resistência do solo a penetração “RSP” entre os sistemas de cobertura e também para os sistemas de preparo de solo na camada de 0- 0,10 m, para a camada de 0,10- 0,20 m houve diferença estatística para a

interação entre manejo e cobertura, já para a camada de 0,20- 0,30 m não houve diferença estatística (TABELA, 3).

TABELA 3. Resistência do solo a penetração nos sistemas de manejo do solo e diferentes coberturas em camadas distintas.

TRATAMENTO	Camada 0-0,10 m		Camada 0,10-0,20 m		Camada 0,20-0,30 m	
	RSP- MPa	UG %	RSP- MPa	UG %	RSP- MPa	UG %
Cobertura (E)						
Milheto	0,26a	25,14	1,32a	24,69	1,91	24,42
Crotalária	0,27a	25,86	1,43ab	23,45	1,84	22,97
Pousio	0,34b	25,46	1,51b	23,84	1,75	23,22
CV (%)	17,64	6,58	8,02	5,19	18,08	4,29
DMS	0,6	2,42	0,14	1,8	0,41	1,45
Manejo (S)						
Convencional	0,15a	25,29	1,53a	23,67	1,89	23,49
Mínimo	0,35b	25,74	1,48b	24,13	1,78	23,43
Direto	0,38b	25,43	1,24b	24,18	1,83	23,7
CV (%)	16,68	5,75	5,88	4,77	15,21	5,65
DMS	0,7	1,84	0,12	1,43	0,4	1,67
Cobertura (E)	*	NS	*	NS	NS	NS
Manejo (S)	*	NS	*	NS	NS	NS
E x S	NS	NS	*	NS	NS	NS

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de tukey a 5%. RSP: Resistência à penetração. MPa: Megapascal. UG: Umidade Gravimétrica. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença mínima significativa. NS: teste F não significativo a 5%. * teste F significativo a 5%.

A cobertura de solo que proporcionou uma menor RSP nas camadas de 0-0,10 e 0,10- 0,20 m foi o milho, fato este associado a melhor distribuição do seu sistema radicular quando comparado com a crotalária e o pousio.

Os resultados do presente trabalho concordam com os obtidos por Almeida et al. (2008) no qual, estudando rotação de culturas e atributos físicos e químicos em Latossolo Vermelho de Cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção, observaram os menores valores de resistência a penetração nas áreas cultivadas com milho.

Para a camada de 0- 0,10 m o sistema de preparo que proporcionou uma menor RSP foi o PC, diferindo estatisticamente do PM e do SSD, fato este já esperado uma vez que o sistema estava no primeiro ano de implantação. Alguns estudos concordam com o presente trabalho indicando uma compactação maior no SSD, provocada pelo efeito cumulativo do tráfego de máquinas e acomodação natural das partículas sólidas Klein e Boller, (1995), sobretudo na camada superficial. Stone e Silveira (1999) também constataram valores elevados de RSP na camada superficial do solo sob semeadura direta. Segundo Arshad et al. (1996) a RSP pode ser restritiva ao crescimento das raízes quando variar de 2 a 4 Mpa.

Para a camada de 0,10- 0,20 m houve interação significativa entre as coberturas e o manejo do solo adotado (TABELA, 4).

TABELA 4. Desdobramento da Resistência do solo a penetração na camada de 0,10-0,20 m.

TRATAMENTO	Milheto	Crotalária	Pousio	CV (%)
	RSP Camada 0,10-0,20 m- MPa			
Direto	1,25 bA	1,28bA	1,27bA	5,88
Mínimo	1,59 aA	1,63aA	1,23bB	5,88
Convencional	1,69 aA	1,47aA	1,45aA	5,88
CV (%)	8,02	8,02	8,02	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna para plantas de cobertura e na mesma linha maiúsculas para sistemas de preparo diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. RSP: Resistência à penetração. MPa: Megapascal. CV: Coeficiente de Variação.

Para o SSD e para o PC as coberturas não influenciaram estatisticamente na RSP na camada de 0,10-0,20 m (TABELA, 4).

A cobertura vegetal fornecida pelo pousio proporcionou uma menor RSP para o sistema de PM, diferindo estatisticamente do milheto e da crotalária, isso pode ter ocorrido pelo fato deste sistema ter sido composto no presente trabalho em sua grande maioria por plantas de Nabo Forrageiro, o qual possui um sistema radicular tuberoso e bem agressivo que com o auxílio do PM do solo com uma grade leve teve suas sementes enterradas, favorecendo assim seu desenvolvimento. Valicheski et al., (2012) narram o melhor desenvolvimento das plantas de nabo forrageiro quando o solo recebeu um revolvimento mínimo de 2 passadas de grade leve, o que

auxiliaria no recobrimento das sementes comparado com os outros tratamentos do seu ensaio que possuía um maior revolvimento.

Independente da cobertura do solo avaliada o SSD proporcionou os menores valores de RSP diferindo estatisticamente do PM e do PC para milho e crotalaria, para a cobertura fornecida pelas plantas voluntarias do sistema de pousio o SSD diferiu do PC, porém não houve diferença estatística quando comparado com o PM (TABELA, 4). O sistema de PC independente da cobertura, na camada de 0,10- 0,20 m obteve a maior resistência a penetração, diferindo estatisticamente do SSD, fato este que pode ser explicado pela profundidade e modo de ação de cada implemento, neste caso a grade trabalhou entre 0,10 e 0,20 m, após esta profundidade o solo não foi revolvido e sofreu a pressão do implemento formando possivelmente o chamado “pé de grade”, porém todos os valores obtidos ficaram abaixo do que se considera restritivo ao crescimento radicular que segundo Arshad et al. (1996) o valor mínimo seria de 2 MPa. Resultado semelhante foi obtido por Corrêa (2002) que constatou a presença de camada compactada a partir de 0,15 m de profundidade em solo preparado com grades aradora e niveladora. Segundo Stone e Silveira (2001) o não revolvimento do solo ocasionou maior compactação da camada superficial do solo sob SSD, em comparação aos demais sistemas de preparo, enquanto que o revolvimento do solo pela grade aradora levou à formação de camada mais compactada abaixo da profundidade de atuação do implemento.

Costa et al. (2006) avaliando a qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com PC e SSD com oito anos de adoção também obtiveram os maiores índices de RSP, nas camadas mais profundas no PC, indicando assim a formação do chamado “pé de grade”.

Para a variável produtividade de grãos de soja e peso de mil sementes “PMS”, os diferentes sistemas de preparo de solo e as diferentes plantas de cobertura não proporcionaram diferença estatística (TABELA, 5).

TABELA 5. Pms e produtividade de grãos da cultura da soja nos sistemas de manejo de solo e nas diferentes coberturas.

TRATAMENTO	PMS	Produtividade
	g	Kg.ha ⁻¹
Cobertura (E)		
Milheto	152,67a	4451a
Crotalária	151,11a	4392a
Pousio	155,11a	4568a
CV (%)	3,94	10,1
DMS	7	567
Manejo (S)		
Convencional	154,89a	4708a
Mínimo	152,44a	4572a
Direto	151,56a	4131a
CV (%)	3,95	13,1
DMS	8	847
Cobertura (E)	NS	NS
Manejo (S)	NS	NS
E x S	NS	NS

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade, PMS: Peso de mil sementes. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença mínima significativa.

Independente da variável analisada no presente trabalho o PMS não teve diferença estatística significativa (TABELA, 5).

O peso de mil sementes (PMS) é um dos fatores determinantes para se alcançar boas produtividades, visto que essa variável está diretamente correlacionada com a produtividade. Essa variável pode ser utilizada para estimar se houve uma boa eficiência durante o processo de enchimento de grãos, além de expressar de forma indireta o tamanho dessas sementes e seu bom estado fisiológico, conforme abordado por Marques (2008).

Apesar da não diferença estatística significativa todas as produtividades obtidas no presente trabalho se comportaram acima da média para o estado de Mato Grosso do Sul que segunda a Conab (2013) na safra 12/13 esse valor foi de 2880 kg. ha⁻¹. A menor produtividade de grãos obtida neste experimento foi de 4131 kg. ha⁻¹, ficando ainda 1251 kg acima da produtividade média para o estado, essa maior produtividade obtida pode estar relacionado ao fato da cultura ter se

desenvolvido com todas as condições ideais, podendo assim a variedade expressar seu potencial produtivo.

Pacheco et al., (2011), na safra 2009/10, também não encontraram diferença significativa nos fatores espécies de plantas de cobertura e sistemas de manejo para a produtividade de grãos da cultura da soja.

Rossetti et al., (2012) comparando áreas sob SSD com diferentes períodos de adoção o PC também obteve um comportamento semelhante para a produtividade da soja.

Pacheco et al. (2009) também observaram que a cultura da soja apresentou poucas variações quando cultivadas em áreas com diferentes plantas de cobertura e recém incorporadas ao SSD.

Apesar da não significância dos resultados para produtividade pode-se observar que o sistema de preparo convencional obteve uma produtividade de grãos de 4708 kg. ha⁻¹ e o sistema de semeadura direta 4131 kg. ha⁻¹, uma diferença de 577 kg, diferença esta que pode ser explicada pelo auto DMS obtido no trabalho que neste caso foi de 847 kg.

É importante destacar que este estudo foi realizado em área cujo os sistemas adotados ainda estavam no primeiro ano de instalação. Estudos que possam avaliar o desempenho das variáveis analisadas em áreas com sistemas implantados com vários anos de adoção serão fundamentais para se obterem informações técnicas para o ajuste dos mesmo.

4 CONCLUSÕES

Os diferentes sistemas de preparo de forma isolada não influenciaram nos atributos físicos do solo no primeiro ano de implantação do sistema.

Na profundidade de 0,10- 0,20 m o milheto proporcionou melhores condições para a densidade do solo, macro e microporosidade quando comparado com o pousio.

Na camada de 0- 0,10 m o sistema de preparo convencional e a cobertura do solo fornecida pelo milheto e crotalária forneceram uma menor RSP.

A menor RSP na camada de 0,10- 0,20 m para crotalária e milheto foi obtida com o SSD.

O PM obteve sua menor RSP na camada de 0,10- 0,20 m quando a cobertura do solo foi fornecida pelo pousio.

A produtividade de grãos da cultura da soja e o pms da cultura da soja não sofreram influência dos sistemas de preparo de solo e das plantas de cobertura.

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V.P.; ALVES, M.C.; SILVA, E.C.; OLIVEIRA, S.A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.1227-1237, 2008.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (ed.). Methods for assessing soil quality. **SSSA/ Special Publication**, Madison, n.49, p.123-141, 1996.
- CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **R. Plantio Direto**, v.80, p.62-70, 2004.
- CARNEIRO, M. A. C. *et al.* Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 02, p. 455-462, 2008.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acampamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, 2013.
- CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.37, p.203-209, 2002.
- COSTA, Eusângela Antônia; GOEDERT, Wenceslau J.; SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 41, n. 7, jul. 2006.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, RJ, Embrapa, 2006. 306 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – Paraná 2005. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 218p.
- GIACOMINI, S. J. *et al.* Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 02, p. 325-334, 2003.
- GILIOI, J. L.; TERASAWA, F.; WILLEMANN, W.; ARTIAGA, O. P.; MOURA, E. A. V. & PEREIRA, W. V. Soja: Série 100. FT Sementes, **Boletim Técnico 3**, Cristalina, 18 p. 1995.

GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. 427 p.

KLEIN, V. A.; BOLLER, W. Avaliação de diferentes manejos de solo e métodos de semeadura em áreas sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.25, p.395-398, 1995.

MARQUES, M. C.; BUENO, M. R.; FREITAS, M. C. M.; HAMAWAKI, O. T. Competição intergenotípica de soja em três épocas de semeadura em Uberlândia - MG. In: **V SEMANA ACADÊMICA**, 2008, Uberlândia. VIII Encontro interno e XII Seminário de iniciação científica, 2008. p. 199-199.

OLIVEIRA, F.H.T. et al. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: TÓPICOS EM CIÊNCIA DO SOLO. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, II, p.394-486, 2002.

PACHECO, L.P.; PIRES, F.R.; MONTEIRO, F.P.; PROCÓPIO, S.O.; ASSIS, R.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M.L.; PETTER, F.A. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, p.455-463, 2009.

PACHECO, Leandro Pereira et al. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, out. 2011.

PAVINATO, A. *et al.* Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesq. Agropecu. Bras.** Brasília, v. 29, n. 9, p. 1427-1432, 1994.

PIVETTA, Laércio Augusto; CASTOLDI, Gustavo; SANTOS, Gabriel Peixoto dos e ROSOLEM, Ciro Antonio. Crescimento e atividade de raízes de soja em função do sistema de produção. **Pesq. agropec. bras.** v.46, n.11, p. 1547-1554, 2011.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação do potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa. v. 27, p. 355-362, 2003.

ROSSETTI, Karina de Vares et al. Atributos físicos nos tempos de adoção de manejos em Latossolo cultivado com soja. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, abr. 2012.

SALGADO, A.L.B. *et al.* Efeito da adubação NPK na cultura da crotalária. **Bragantia**, Campinas, v. 41, n. 3, p. 21-23, 1982.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; ROS, C.. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.797-804, 2004.

SILVA, G. F.; ERASMO, E. A. L.; SARMENTO, R. A.; SANTOS, A. R.; AGUIAR, R. W. S. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milho (*Pennisetum americanum* Schum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v. 19, n. 3, p.31-34, 2003.

SILVA, I. F; MIELNICZUK J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 311-317, 1998.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E., eds. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. p.129-144.

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

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.34, p.83-91, 1999.

VALICHESKI, Romano R. et al . Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 16, n. 9, set. 2012.

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

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

RESUMO

A mudança na forma de manejo do solo altera atributos químicos do solo podendo afetar a produtividade das culturas. Com a finalidade de avaliar o potencial Hidrogênionico "pH", cálcio "Ca" magnésio "Mg" e potássio "K" nas profundidades de 0- 0, 10 m, 0, 10- 0, 20 m- 0, 20- 0, 30 m, sobre diferentes sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura, instalou-se no ano agrícola de 2012/2013, um ensaio em área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS/ CPCS), Campus de Chapadão do Sul (MS). Os sistemas de preparo de solo foram: preparo convencional (PC), preparo mínimo (PM) e sistema de semeadura direta (SSD), as plantas de cobertura: milho, crotalária e o pousio. Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas. O pH não sofreu influência dos tratamentos nas profundidades 0- 0, 10 m e 0, 10- 0, 20 m. Para o PM o milho proporcionou o maior valor de Ca, diferindo estatisticamente da crotalária e do pousio na camada de 0- 0, 10 m. A crotalária na camada de 0, 20- 0, 30 m apresentou o menor valor de Ca, diferindo estatisticamente das demais coberturas. Na camada de 0- 0, 10 m as coberturas obtiveram diferença estatística significativa, sendo a crotalária a que obteve o menor valor de Mg. Na camada de 0,20- 0,30 m o PM proporcionou uma maior quantidade de Mg para a cobertura milho. Independente da cobertura o PC e o PM proporcionaram os maiores valores de cálcio para as camadas de 0, 10- 0, 20 m e 0, 20- 0, 30 m. A crotalária obteve o menor valor de Mg na camada de 0- 0, 10 m. Na camada de 0, 10- 10- 20 m o milho proporcionou o maior valor de Mg. O K não sofreu influência significativa dos tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: pH. Semeadura direta. Crotalária.

CHAPTER 1 - INFLUENCE OF DIFFERENT SYSTEMS OF PREPARATION AND COVER CROPS IN CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL

ABSTRACT

The change in soil management alters soil chemical properties may affect crop yields. In order to evaluate the potential hydrogenionic "pH" calcium "Ca" magnesium "Mg" and K "K" in depths from 0 to 0, 10 m, 0, 10- 0, 20 m – 0, 20 - 0, 30 m, on different systems of tillage and cover crops, settled in the agricultural year 2012/2013, an essay in the experimental area of the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS/CPCS), Campus Plain of South (MS). The tillage systems were: conventional tillage (CT), minimum tillage (MT) and no-tillage (SSD) system, cover crops: millet, fallow and sunn hemp. We used the randomized complete block design with split plots. The pH was not influenced by treatments at depths of 0 to 0, 10 to 0, 20 m. For PM millet provided the greatest amount of Ca, differing in crude and fallow in the 0 – 0, 10 m. The crude in the 0, 20 Layer - 0, 30 m showed the lowest value of Ca, differing from the other toppings. In the 0 – 0, 10 m covers obtained statistically significant difference, and the crude that had the lowest amount of Mg. At layer 20 - 0, 30 m AM provided a greater amount of Mg to cover millet . Independent coverage of PC and PM provided higher amounts of calcium for layers from 0, 10 to 0, 20 to 0, 30 m. The crude obtained the least amount of Mg in the 0 – 0, 10 m. In the layer 0, 10 – 0, 20 m o millet provided the greatest amount of Mg. O K was not affected by treatments.

KEY-WORDS: pH. No tillage. Crotalaria.

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais metas da pesquisa em manejo de solos é identificar e desenvolver sistemas de cultivo de solo adaptados às condições edafoclimáticas, sociais e culturais regionais (COSTA et al., 2006).

Os sistemas de cultivo e os atributos do solo exercem influências sobre a agregação do solo e sobre sua estabilidade (SILVA e MIELNICZUK, 1998). A mudança na forma de manejo do solo, PC para SSD, altera atributos físicos e químicos do solo podendo afetar a produtividade das culturas.

No preparo de solo convencional os resíduos são incorporados na quase totalidade, deixando a superfície a mercê da ação erosiva das chuvas (ARAÚJO, 2008).

O SSD é um sistema conservacionista que quando o mesmo é adicionado no sistema o solo não é mais revolvido e se presa a manutenção do resíduo vegetal sobre o mesmo, comparado a outros métodos de cultivo, ele se sobressai por apresentar uma elevada atenuação da energia de impacto das gotas de chuva com o solo, pelo amortecimento que sua camada de cobertura morta proporciona contra a manifestação da erosão (DERPSCH et al., 1991).

O PM consiste em revolver o solo o mínimo necessário, mantendo os resíduos vegetais sobre o mesmo. De acordo com Gonçalves e Benedetti (2005), o PM possui varias vantagens dentre elas o autor cita a melhoria ou manutenção dos atributos físicos e químicos do solo.

Visando a melhoria da qualidade dos solos, no cerrado é comum à utilização de espécies de cobertura de solo, essas espécies ocupam as áreas antes da cultura principal. A contribuição das espécies de cobertura do solo se reflete não só em termos de nutrição da cultura em sucessão, mas também na melhoria das condições físicas e biológicas do solo (PAVINATO et al., 1994).

Silva et al. (2003) destaca o milheto como sendo a principal cobertura vegetal usada na região do Cerrado, por ser considerada uma planta pouco exigente em relação ao solo.

Dentre as coberturas vegetais mais utilizadas antes da cultura principal para adubação verde e formação de palhada, a crotalária destaca-se por ser leguminosa

com alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico e produção de matéria seca, Salgado et al. (1982) apresentando também sistema radicular profundo e, capaz de absorver nutrientes das camadas mais profundas e trazê-los para camadas mais superficiais, além de favorecer a descompactação do solo.

O sistema de pousio no qual a cobertura é proporcionada por plantas que surgem voluntariamente, é outra forma de cobertura do solo na entressafra bastante usada no cerrado, esse sistema compõe a maior parte das áreas cultivadas em SSD (CALEGARI, 2004).

O pH do solo, propriedade correlacionada com a acidez, é um importante indicador de suas condições químicas, pois possui capacidade de interferir na disposição de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, favorecendo ou não suas liberações (BRANDÃO e LIMA, 2002).

Um grupo de componentes químicos importante do solo são os elementos trocáveis Ca, Mg e K, por serem macronutrientes (CAMARGO et al., 1986).

O cálcio tem importante função no solo, sendo que este contribui para a melhoria da fertilidade, deslocando o hidrogênio da superfície das partículas, quando o calcário é adicionado para reduzir a acidez. O cálcio tem influência direta na estrutura e na resistência da parede celular (TAIZ e ZIEGER, 2004).

O magnésio é um macronutriente que desempenha várias funções nas plantas é constituinte da molécula de clorofila, participa no controle do pH celular, síntese de proteínas, ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e, principalmente, aquelas envolvidas na transferência de grupos fosfatos (fosfatases e ATPases) (MARSCHNER, 1995).

Após o nitrogênio, o potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas (MARSCHNER, 1995). O potássio é um elemento essencial para todos os organismos vivos, sendo o cátion mais importante nos processos fisiológicos das plantas, não somente pela sua concentração nos tecidos vegetais, mas também pelas suas funções bioquímicas (MENGEL e KIRKBY, 2001).

O objetivo deste trabalho foi mensurar quantitativamente o efeito do SSD, PM do PC e de diferentes coberturas de solo “Milheto, Crotalária e Pousio” no pH do solo, Ca, Mg e K em diferentes profundidades.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no ano agrícola de 2012/2013, em área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS/CPCS), Campus de Chapadão do Sul (MS), localizada na latitude 18°41'33" S e longitude 52°40'45" W, com altitude de 800 m. O clima segundo a classificação de Köppen é tropical úmido (Aw) com estação chuvosa no verão e seca no inverno com precipitação média anual local de 1.800 mm e temperatura média de 23,7 °C.

O solo no local do experimento foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), como Latossolo Vermelho distroférico. A cultivar de soja utilizada foi a CD 2737RR com densidade de 444.440 plantas. ha⁻¹. Antes da semeadura da soja foi realizada uma calagem na área com calcário dolomítico de acordo com as necessidades do solo (TABELA, 1) para elevar a saturação por bases a 50%, a adubação de semeadura foi feita de acordo com a necessidade para um rendimento de 4 toneladas. ha⁻¹ de acordo com a análise de solo (TABELA, 1), (SOUZA; LOBABATO, 2004).

TABELA 1. Análise de solo da área experimental.

Profundidade do solo (cm)	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P (mel)	MO*
	CaCl ₂	cmol _c dm ³					mg dm ³	g dm ⁻³
00-20	4,5	2,3	0,4	0,28	6,1	0,14	5,3	28,4

A adubação de cobertura foi realizada a lanço (V3), constando de 70 kg de KCL. ha⁻¹ e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da soja da (EMBRAPA, 2005).

A área utilizada para o ensaio é uma área de lavoura que nos últimos 5 anos estava sendo utilizada com a cultura da soja no verão e o milho na segunda safra “safrinha”. Antes da semeadura das plantas de cobertura em fevereiro de 2012, foi feito um preparo do solo da área com um arado de aiveca, a fim de homogeneização da mesma. No dia 14 março de 2012 foi realizado a semeadura das plantas de cobertura e no dia 25/10/2012 a semeadura da soja.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelos três sistemas de preparo de solo: convencional (grade aradora e grade niveladora), mínimo (grade niveladora) e semeadura direta (primeiro ano de adoção do sistema). As subparcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura de solo: milho, crotalária e pousio “plantas voluntárias”.

O experimento contou com 9 tratamentos (3 sistemas de preparo de solo e 3 espécies de cobertura de solo) com 3 repetições. Cada subparcela teve a dimensão de 15 linhas de semeadura espaçadas por 0,45 m de largura por 5 m de comprimento, totalizando cada parcela 33,75 m², espaçadas umas das outras por uma distância de 1 m, sendo a área útil utilizada para obtenção da produtividade constituída por 4 m lineares, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades de cada parcela.

A determinação do pH do solo, Ca, Mg e K foram feitas de acordo com as recomendações da (EMBRAPA, 1997).

As plantas de soja utilizadas para obtenção da produtividade foram colhidas no estágio de plena maturação “R9”.

Foram avaliadas as seguintes características: pH do solo, Ca, Mg e K e produtividade de grãos da cultura da soja.

Os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A (TABELA, 2) apresenta as características químicas do solo obtidas no presente trabalho, pode-se observar que na camada de 0-0,10 e 0,10- 0,20 m não houve diferença estatística significativa para a variável pH do solo.

TABELA 2. Potencial Hidrogênionico, Cálcio, Magnésio e Potássio nos sistemas de manejo e diferentes coberturas em camadas distintas.

TRATAMENTO	Camada 0- 0,10 m				Camada 10- 0,20 m				Camada 20- 0,30 m			
	pH	Ca	Mg	K	pH	Ca	Mg	K	pH	Ca	Mg	K
	CaCl ₂	cmolc dm ³			CaCl ₂	cmolc dm ³			CaCl ₂	cmolc dm ³		
Cobertura (E)												
Milheto	5,29	2,48a	1,39a	0,24	4,69	1,49	0,61a	0,13	4,69a	1,81a	0,61a	0,11
Crotalaria	4,89	2,08b	0,71b	0,22	4,65	1,18	0,41b	0,12	4,48b	0,70b	0,43b	0,09
Pousio	5,11	2,2ab	1,48a	0,23	4,51	1,37	0,40b	0,14	4,64ab	1,57a	0,43b	0,1
CV	6,25	13,19	23,18	14,85	4,88	22,29	12,65	23,31	3,58	19,25	15,63	26,68
DMS	0,4	0,37	0,34	0,04	0,28	0,37	0,07	0,03	0,2	0,35	0,09	0,03
Manejo (S)												
Convencional	5,03	2,13b	1,16	0,20	4,70	1,54a	0,43	0,12	4,85a	1,58a	0,47	0,11
Mínimo	5,28	2,38a	1,14	0,23	4,52	1,45ab	0,46	0,13	4,53ab	1,34ab	0,51	0,10
Direto	4,99	2,26ab	1,17	0,26	4,62	1,05b	0,52	0,14	4,43b	1,16b	0,49	0,09
CV	4,66	4,03	17,28	24,73	7,37	23,09	18,41	27,93	5,95	15,84	11,05	60,04
DMS	0,34	0,13	0,29	0,08	0,49	0,45	0,12	0,05	0,39	0,33	0,07	0,09
Cobertura (E)	NS	*	*	NS	NS	NS	*	NS	*	*	*	NS
Manejo (S)	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	*	*	NS	NS
E x S	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	NS

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. pH: Potencial Hidrogênionico. Ca: Cálcio. Mg: Magnésio. K: Potássio. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença mínima significativa. NS: teste F não significativo a 5%. * teste F significativo a 5%.

A não significância para a variável pH na camada de 0- 0,10 m e 0,10- 0,10 m (TABELA, 2) esta relacionado com o fato de ter sido realizada a correção do pH do solo em todos os tratamentos, Souza e Alvez. (2003) também afirmam que Após vários anos de cultivo, os valores de pH constatados comportaram-se de forma similar para o sistema de semeadura direta, preparo mínimo e preparo convencional, notadamente nos primeiros 0,1 m, da camada arável. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira et al. (2009) que também constatou que não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, para o pH, independente do sistema de preparo do solo empregado. Moreti et al. (2007) estudando atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura, concluíram que as plantas de cobertura estudadas (crotalária e milho) não alteraram os atributos químicos do solo e apresentaram comportamento semelhante entre si.

Para a camada de 0,20- 0,30 m observa-se na (TABELA, 2) que o pH sofre influência dos sistemas de preparo e das plantas de coberturas, proporcionando diferenças estatísticas significativas, sendo o PC e o PM os que obtiveram maior valor de pH nesta profundidade. Apesar do pH do solo em estudo não estar dentro de um valor considerado ideal para a cultura da soja, resultados como este pode ser normal em um sistema similar, pois este resultado pode estar refletindo o efeito dos implementos em revolver o solo, incorporando o material orgânico, provocando assim uma maior acidificação do solo nesta camada devido a decomposição da matéria orgânica com liberação de ácidos orgânicos (BAYER, 1992). Para as plantas de cobertura o milho e o pousio tiveram os maiores valores de pH na camada de 0,20- 0,30 m, provavelmente devido ao fato do milho proporcionar um sistema radicular fasciculado e de maior abrangência quando comparado com a crotalária, podendo chegar até esta camada do solo, e as plantas voluntárias fornecidas pelo pousio ser constituída em sua grande maioria por plantas de nabo forrageiro que possui um sistema radicular bastante agressivo, desta forma os dois sistemas conseguem atingir uma profundidade maior com seus respectivos sistemas radiculares quando comparados com a crotalária, podendo desta forma formar poros no solo que possa facilitar o movimento do calcário no perfil do solo.

O Ca apresentou interação significativa entre os tratamentos na camada de 0-0,10 m (TABELA, 3).

TABELA 3. Desdobramento do Cálcio na camada de 0-0,10 m nos sistemas de manejo de solo e nas diferentes coberturas.

TRATAMENTO	Milheto	Crotalária	Pousio	CV (%)
	Ca camada 0- 0,10 m- cm/dm ³			
Direto	2,44bA	1,80bA	2,15abA	4,03
Mínimo	3,14aA	2,05abB	1,95bB	4,03
Convencional	1,86cB	2,40aAB	2,52aA	4,03
CV (%)	13,19	13,19	13,19	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna para plantas de cobertura e na mesma linha maiúsculas para sistemas de preparo diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Ca: Cálcio. CV: Coeficiente de Variação.

As diferentes plantas de cobertura não influenciaram nos valores de Ca no SSD para a camada de 0- 0, 10 m (TABELA, 3).

Para o PM o milho proporcionou o maior valor de Ca; 3,11 cm/ dm³ diferindo estatisticamente da crotalária 2.05 cm/ dm³ e do pousio 1.95 cm/ dm³, (TABELA, 3) podendo este resultado ser explicado pelo fato do milho ser uma gramínea e sua decomposição ser mais lenta que as demais plantas de cobertura em estudo do presente trabalho, liberando desta forma seus nutrientes de forma mais lenta. Seu sistema radicular profundo permite ciclagem de nutrientes em quantidades consideráveis, deixando-os disponíveis as culturas subsequentes, uma vez que a plantas de milho absorvem os nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial após a decomposição dos seus resíduos (PIRES et al., 2007). Pöttker e Bem (1998) também observaram aumentos dos teores de cálcio na camada superficial do solo, atribuindo o fato à retirada dos elementos das camadas mais profundas pelas culturas e, conseqüente, reciclagem para a superfície. Santos et al (2008) estudando o Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos concluiu que o PM foi superior no teor de Ca, em relação ao SSD, nas camadas 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m em todas as camadas estudadas, fato que pode ser associado ao mínimo revolvimento do solo que este sistema proporciona, podendo assim incorporar o calcário.

O maior valor de Ca no PC na camada de 0- 0,10 m, foi fornecido pelo pousio e pela crotalária (TABELA, 3), Marcelo et al. (2012) concluíram que a maior quantidade de Ca liberada no seu ensaio foi pelo nabo forrageiro, fato este que pode explicar o resultado do presente trabalho, onde a grande maioria das plantas do sistema de pousio foi composta por nabo forrageiro. Este resultado pode estar associado também a incorporação que o PC proporcionou para as plantas. Num Latossolo Vermelho distrófico, em Lambari-MG, Alcântara et al. (2000) observaram que a incorporação da biomassa das leguminosas acelerou sua decomposição e favoreceu os efeitos benéficos dos adubos verdes nas avaliações feitas aos 90 e 120 dias depois.

Para a crotalária o menor valor de Ca foi obtido com o SSD e PM, na camada de 0- 0,10 m, com uma tendência menor ainda para o SSD apesar da não diferença estatística significativa quando comparado com o PM (TABELA 3). O não revolvimento do solo neste sistema pode explicar este resultado, uma vez que o Ca é mais lentamente liberado no SSD quando comparado com os outros sistemas que revolvem o solo (CASTRO et al, 2009). Os resultados do presente trabalho discordam com os resultados obtidos por Galdo e De Maria (2004), que avaliando os sistemas de semeadura direta, preparo convencional (arado de discos) e escarificação, constataram que a semeadura direta apresentou maior acúmulo de alguns nutrientes (P, K, Ca e Mg) sendo este efeito mais evidente na camada superficial.

O pousio mostrou seus menores valores de Ca quando relacionado com o SSD e PM (TABELA, 3) a calagem feita na área pode explicar estes resultados, considerando que o corretivo foi incorporado de acordo com os preparos de solo (PC e PM) e que no SSD não houve incorporação. Assim, o calcário localizado na superfície do solo no SSD e PM reduz a reação do corretivo, pelo menor contato com as partículas de solo Ciotta et al. (2004), diminuindo desta forma também a disponibilidade dos nutrientes que o corretivo possa fornecer.

Na camada de 0- 10 e 0, 10- 0, 20 m o Ca sofreu influência estatística significativa para o tratamento manejo de solo (TABELA 2), sendo o PC e o PM os que proporcionaram os maiores valores do elemento nesta profundidade, ainda nesta mesma tabela pode-se observar que na camada de 0, 20- 0, 30 m o comportamento similar, sendo as maiores quantidades de Ca obtidas nos sistemas

que possuem revolvimento do solo, Pavinato et al. (2009) também observaram comportamento semelhante quanto a distribuição do Ca no PC quando comparado com o SSD. Isto pode ser explicado devido ao fato desses sistemas “PC e PM” terem a capacidade de incorporar o calcário aplicado na superfície do solo, podendo disponibilizar nutrientes como o Ca nas camadas mais inferiores no perfil do solo. Resultados diferentes foram obtidos por Almeida et al. (2005) porém em SSD já consolidado, com solo sem mobilização durante seis anos, os autores observaram uma tendência de aumento no teor de Ca trocável no SSD em relação ao sistema convencional, até 30 cm de profundidade. Oliveira e Pavan (1996) no SSD obtiveram aumento no teor de Ca^{2+} e Mg^{2+} até 0,4 m de camada, após 32 meses da aplicação de calcário na superfície de um Latossolo argiloso demonstrando que a correção do solo em profundidade no SSD demanda certo tempo após a aplicação, e este período é variável de acordo com as características edafoclimáticas locais, vale ressaltar que no presente trabalho foi o primeiro ano de implantação do sistema.

A crotalária na camada de 0, 20- 0, 30 m apresentou o menor valor de Ca, diferindo estatisticamente das demais coberturas (TABELA, 2). Resultados que diferem da presente pesquisa foram obtidos por Leal et al. (2013) que comparando a quantidade de macronutrientes na parte aérea da crotalária e do milho, encontraram diferença estatística significativa, sendo a crotalária a cobertura de solo com maior quantidade de Ca. Porém no presente trabalho a menor quantidade de Ca na cobertura fornecida pela crotalária nesta camada, pode ser explicado devido a sua rápida decomposição, quando comparado com o milho e o pousio por se tratar de uma leguminosa, disponibilizando assim mais rapidamente os nutrientes para a planta, mais também deixando o mesmo com maiores riscos de perda.

Os teores de Mg não foram influenciados significativamente pelos sistemas de preparo de solo de forma isolada em nenhuma das camadas avaliadas. No entanto os teores Mg sofreram interação significativa das plantas de cobertura para todas as mesmas (Tabela, 2). A não diferença significativa para o manejo preparo de solo concordam com Pavinato et al. (2009) e Almeida et al. (2005) que também não encontraram diferença significativa para o Mg entre sistemas de manejo.

Na camada de 0- 0,10 m as coberturas obtiveram diferença estatística significativa, sendo a crotalária a que obteve o menor valor de Mg (TABELA, 2) Moreti et al. (2007) avaliando os Atributos químicos de um latossolo vermelho sob

diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura, obtiveram seus menores valores de Mg também quando a cobertura utilizada em estuda foi a crotalária.

Na camada de 0, 10- 0, 20 m como pode ser observado na (TABELA, 4), houve interação entre os sistemas.

TABELA 4. Desdobramento do Magnésio na camada de 0, 10- 0, 20 m nos sistemas de manejo de solo e nas diferentes coberturas.

TRATAMENTO	Milheto	Crotalária	Pousio	CV (%)
	Mg camada 0,10- 0,20 m- cm/dm ³			
Direto	0,52bA	0,44aAB	0,33aB	18,41
Minimo	0,62abA	0,32aB	0,44aB	18,41
Convencional	0,68aA	0,46aB	0,43aB	18,41
CV (%)	12,65	12,65	12,65	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna para plantas de cobertura e na mesma linha maiúsculas para sistemas de preparo diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Mg: Magnésio. CV: Coeficiente de Variação.

Em todos os sistemas de preparo de solo, o milho forneceu as maiores quantidades de Mg (TABELA, 4) possuindo diferença estatística significativa para a crotalária e o pousio no PC e PM, e para o SSD sendo similar a crotalária e diferindo significativamente do pousio. Sorato et al. (2012) avaliando produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados, constataram maiores valores de Mg na fitomassa do milho. Os maiores teores observados de Mg no presente trabalho nas áreas que tinham como cobertura do solo o milho, são decorrentes de seu elevado potencial de ciclagem de nutrientes, já que essa espécie tem um sistema radicular muito profundo, que pode extrair nutrientes de camadas subsuperficiais do solo (SALTON e KICHEL, 1998).

Nas coberturas de solo a crotalária e o pousio não sofreram influência dos sistemas de preparo (TABELA, 4). Já para o Milho pode-se observar na mesma tabela que quando associado com o SSD proporcionou a menor concentração de Mg, diferindo estatisticamente do PC e PM, fato este que como no Ca pode ser explicado pela incorporação do calcário aplicado em superfície que o PC e o PM proporcionam para o sistema, uma vez que no SSD o calcário foi aplicado em

superfície e não passou por nenhum processo de incorporação. Além do fato da incorporação do Calcário a incorporação do milho ao solo pelos PC e PM, pode ter favorecido a liberação de Mg, De-Polli e Chada (1989) e Alcântara et al. (2000) atribuíram a decomposição acelerada dos adubos verdes à incorporação de seus resíduos comparativamente à sua manutenção sobre a superfície do solo, liberando desta forma mais rapidamente seus nutrientes.

A (TABELA, 5) traz a interação entre os tratamentos para Mg na camada de 0, 20- 0, 30 m.

TABELA 5. Desdobramento do Magnésio na camada de 0, 20- 0, 30 m nos sistemas de preparo de solo e nas diferentes coberturas.

TRATAMENTO	Milheto	Crotalária	Pousio	CV (%)
	Mg camada 0,20- 0,30 m- cm/dm ³			
Direto	0,58bA	0,44aAB	0,38bB	11,05
Mínimo	0,73aA	0,44aB	0,37bB	11,05
Convencional	0,51bA	0,42aA	0,55aA	11,05
CV (%)	15,63	15,63	15,63	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna para plantas de cobertura e na mesma linha maiúsculas para sistemas de preparo diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Mg: Magnésio. CV: Coeficiente de Variação.

Na camada de 0, 20- 0, 30 m para o PM o milho proporcionou os maiores valores de Mg (TABELA, 5) diferindo das demais coberturas, para o SSD, o milho junto com a crotalária seguiram a mesma tendência do PM com maiores valores de Mg. Marcelo et al. (2012) concluíram que o milho apresentou os maiores acúmulos de Mg quando comparados com as outras coberturas utilizadas em seu ensaio, inclusive a crotalária. Este resultado demonstra a capacidade do milho em resgatar nutrientes em profundidade e ir liberando de forma lentamente no solo nas camadas mais superiores. Já para o PC as diferentes plantas de cobertura não proporcionaram diferença estatística significativa na camada de 0, 20- 0, 30 m na quantidade de Mg (TABELA, 5).

Na camada de 0, 20- 0,30 m o PM proporcionou uma maior quantidade de Mg para a cobertura milho, diferindo significativamente do PC e do SSD (TABELA, 5) já para o pousio o sistema de preparo que propiciou a maior quantidade de Mg foi o

PC. Ambos sistemas de preparo de solo, ajudam no desenvolvimento radicular das culturas, e na movimentação e na incorporação de alguns nutrientes no perfil do solo, principalmente quando comparados com SSD em anos de adoção como é o caso do presente trabalho. A pouca mobilização do solo ou a ausência da mesma no caso do SSD normalmente proporciona um teor mais elevado de Mg na superfície do solo decorrente da pouca mobilização do mesmo, que mantém o adubo residual na profundidade de aplicação, e da imobilidade e baixa solubilidade dos compostos de fósforo, sobretudo em solos de natureza ácida e com altos teores de argila e metais, como o ferro e o alumínio (MUZILLI, 1983; DE MARIA e CASTRO, 1993; CASTRO, 1995; SELLES et al., 1997). Para a crotalária não se obteve diferença significativa independente do sistema de preparo de solo (TABELA, 5).

O K não sofreu influência significativa dos tratamentos em nenhuma das camadas avaliadas (TABELA, 2). Os resultados do presente trabalho confirmam os encontrados por Franchini et al. (2000), Sampaio (1987), Siqueira (1989), Silveira e Stone (2001) e Klepker e Anghinoni (1995) que também não obtiveram efeitos dos sistemas de preparo do solo sobre os teores do elemento.

Pavinatto et al. (2009) não encontraram diferença significativa para a quantidade de K na camada superficial nos diferentes sistemas de manejo, porém os mesmos autores para as demais camadas avaliadas concluíram que o sistema de preparo promove mudanças na disponibilidade de K, sendo observada menor disponibilidade no sistema de semeadura direta em relação ao sistema convencional. Em um sistema com 6 anos de adoção Almeida et al. (2005) observarão que na semeadura direta, os teores de K foram significativamente mais altos do que os encontrados no preparo convencional, principalmente nas amostragens realizadas entre 0–10 cm, onde os teores foram, pelo menos, o dobro dos observados neste, fato este que os autores associam a lixiviação do nutriente no PC.

É importante destacar que este estudo foi realizado em área cujo os sistemas adotados ainda estavam no primeiro ano de instalação. Estudos que possam avaliar o desempenho das variáveis analisadas em áreas com sistemas implantados com vários anos de adoção serão fundamentais para se obterem informações técnicas para o ajuste dos mesmos.

4 CONCLUSÕES

O pH do solo não sofreu influência de nenhum dos tratamentos nas camadas de 0-0,10 m e 0,10- 0,20 m.

Na camada de 0- 0,10 m a maior quantidade de Ca foi obtida na interação entre PM e a cobertura fornecida pelo milheto.

Independente da cobertura o PC e o PM proporcionaram os maiores valores de cálcio para as camadas de 0,10- 0,20 m e 0,20- 0,30 m.

Os diferentes sistemas de preparo de solo não influenciaram na concentração de Mg em nenhuma das camadas avaliadas.

A crotalária obteve o menor valor de Mg na camada de 0- 0,10 m.

Na camada de 0,10- 0,20 m o milheto proporcionou o maior valor de Mg independente do sistema de preparo de solo adotado.

5 REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesq. Agropec. Bras**, v.35, p.277-288, 2000.
- ALMEIDA, J.M.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN Jr., W.A. Propriedades químicas de um cambissolo húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.29, p.437-445, 2005.
- ALMEIDA, Jaime Antonio de et al . Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 29, n. 3, jun. 2005.
- ARAUJO, M. A. de. **Modelos agrometeorológicos na estimativa da produtividade da cultura da soja na região de Ponta Grossa – Paraná**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas**. 1992. 172p Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.
- BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. do C. PH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 6, p. 46 – 56, jun. 2002.
- CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **R. Plantio Direto**, v.80, p. 62-70, 2004.
- CAMARGO, O.A. de; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, (Boletim Técnico, 106) 94p, 1986.
- CASTRO, O.M. **Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 174p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1995.
- CASTRO, Orlando Melo de et al . Atributos físicos e químicos de um latossolo vermelho eutroférico sob diferentes sistemas de preparo. **Bragantia**, Campinas , v. 68, n. 4, 2009.
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.1055-1064, 2004.

COSTA, Eusângela Antônia; GOEDERT, Wenceslau J.; SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 41, n. 7, jul.

DE MARIA, I.C.; CASTRO O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **R. Bras. Ci. Solo**, v.17, p.471-477, 1993.

DE-POLLI, H.; CHADA, S.S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solos de baixo potencial de produtividade. **R. Bras. Ci. Solo**, v.13, p.287-293, 1989.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, V. **Controle de erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit/Instituto Agronômico do Paraná, 272p., 1991.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1997. 212p.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – Paraná 2005. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 218p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa, 2006. 306 p.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M. & GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:459-467, 2000.

GALDO, M.V.; DE MARIA, I.C. **Alterações químicas em solo com plantio direto: longe dos olhos, perto do bolso.** Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/OAgronomico/542/542_25_et5_pdireto96.pdf> Acesso em: 26 de Dezembro de 2013.

GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. 427 p.

KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **R. Bras. Ci. Solo**, 19:395-401, 1995.

LEAL, Aguinaldo José Freitas et al. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 2, abr. 2013.

MARCELO, Adolfo Valente; CORA, José Eduardo; FERNANDES, Carolina. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta: I - produção de matéria

- seca e acúmulo de nutrientes. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, nov. 2012.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic, 1995. 285 p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. London: Kluwer Academic, 2001. 849 p.
- MORETI, Dolorice et al. Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, Feb. 2007.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.7, p.95-102,1983.
- OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. **Control of soil acidity in no-tillage system for soybean productions**. *Soil Till. Res.*, 38:47-57, 1996.
- PAVINATO, Paulo Sergio; MERLIN, Alexandre; ROSOLEM, Ciro Antonio. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, ago. 2009.
- PAVINATO, A. *et al.* Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesq. Agropecu. Bras.** Brasília, v. 29, n. 9, p. 1427-1432, 1994.
- PAVINATO, Paulo Sergio; MERLIN, Alexandre; ROSOLEM, Ciro Antonio. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, ago. 2009.
- PEREIRA, R.; ALBUQUERQUE, A.W.; CUNHA, J.X.L.; PAES, R.A.; CAVALCANTE, M. Atributos Químicos do Solo Influenciados Por Sistemas De Manejo. **Revista Caatinga**, v.22, p.78-84, 2009.
- PIRES, F. R.; ASSIS, R. L de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; SANTOS, S. C.; VIEIRA NETO, S. A.; SOUZA, J. P. G. de. Desempenho agrônômico de variedades de milho em razão da fenologia em pré-safra. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v. 23, n. 3, p. 41-49, 2007.
- PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 675-85, 1998.
- SALGADO, A.L.B. *et al.* Efeito da adubação NPK na cultura da crotalária. **Bragantia**, Campinas, v. 41, n. 3, p. 21-23, 1982.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E., eds. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. p.129-144