



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
CAMPUS PARAGOMINAS**

RAFAELA PEREIRA DE JESUS

**ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB SISTEMA
PLANTIO DIRETO ESTABELECIDO EM DIFERENTES PERÍODOS DE
ADOÇÃO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA**

PARAGOMINAS

2013



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
CAMPUS PARAGOMINAS**

RAFAELA PEREIRA DE JESUS

**ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB SISTEMA
PLANTIO DIRETO ESTABELECIDO EM DIFERENTES PERÍODOS DE
ADOÇÃO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte
das exigências do Curso de Engenharia Agrônoma
para obtenção do título de bacharel, sob orientação do
Prof. Dr. Luis de Souza Freitas.**

ORIENTADOR: Dr. LUÍS DE SOUSA FREITAS

CO-ORIENTADOR: Dr. EDILSON BRASIL

PARAGOMINAS

2013



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
CAMPUS PARAGOMINAS

RAFAELA PEREIRA DE JESUS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrônômica.

Aprovada em 11 de Abril de 2013.

BANCA EXAMINADORA:

Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. Luís de Sousa Freitas
(Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA)
(Orientador)

Engenheiro Agrônomo, Dr. Edilson Carvalho Brasil
(Embrapa Amazônia Oriental)
(Pesquisador)

Engenheiro Agrônomo, Professor M. Sc. Antonio Gabriel Lima Resque
(Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA)

AGRADEÇO E OFEREÇO

Á Deus, meu senhor e criador.

Pelo dom da vida a mim concedido.

A toda a minha família, em especial a meu pai, Zilton Pereira Marques, por sempre está presente na minha vida acadêmica, me incentivando e fazendo de tudo para que não me faltasse nada.

À minha querida mãe Noeme P. de Jesus Marques, por sempre compreender os momentos que não pude fazer companhia, e que não pude lhe dar a devida atenção.

Ao meu namorado Williams S. de Ávila, pelo seu empenho em sempre estar ali para o que der e vier, em me ajudar, compartilhar sabedoria e contribuir imensamente para o sucesso deste trabalho.

A todos dedico este trabalho em reconhecimento a tudo que representam para mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Á Deus pelo dom da vida, da sabedoria, e a oportunidade de poder chegar onde sempre foi almejado.

Á Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Prof. Dr. Luís de Sousa Freitas, pela orientação, carinho, atenção, incentivo, compreensão, sugestões durante o curso e principalmente amizade nessa caminhada. Foi de fundamental importância para que eu pudesse chegar aos resultados esperados desse trabalho.

Ao pesquisador da Empresa Brasileira, pela de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Edilson Carvalho Brasil, pela co-orientação transmitida ao longo deste trabalho e pela sua grandiosa atenção para o sucesso desse trabalho.

Ao meus colegas que participaram das coletas físicas, Luziane Patricia, Aryana Santos, Klebson Dias, Carlos Alberto Farias, Williams S. de Ávila e Gyslane Moraes, pela ajuda incalculável, por enfrentarem sol e chuva para me ajudar.

A todos que mesmo à distância não deixaram de faltar com uma palavra de incentivo, minha família na Bahia e meus familiares do Pará.

EPÍGRAFE

“O solo não é uma herança que recebemos de nossos pais, mas sim um patrimônio que tomamos emprestado de nossos filhos”.

L. Brown

LISTA DE TABELAS

Tabela		Pág.
01	Tratamentos e sistemas de manejo conduzidos em experimento de campo na fazenda Juparanã Paragominas-PA.....	
02	Resumo da análise de variância de atributos físicos de um Latossolo Amarelo distrófico em função de sistemas de uso da terra e profundidade.	
03	Densidade Real média do solo.....	
04	Teor de areia grossa, areia fina, silte e argila total de um Latossolo Amarelo em diferentes sistemas de uso na profundidade de 0-20 cm do Município de Paragominas-PA.....	
05	Valores Médios para a Porosidade Total do Solo.....	
06	Valores médios para a Macroporosidade do Solo.....	
07	Valores médios para a Microporosidade do Solo.....	

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
01	Localização da área de estudo, na Fazenda Juparanã, município de Paragominas- PA.....	01
02	Tratamento PD7 (Plantio direto com 7 anos de implantação), no município de Paragominas-PA.....	
03	Tratamento PD4 (Plantio direto com 4 anos de implantação), no município de Paragominas-PA.....	
04	Tratamento PD3 (Plantio direto com 3 anos de implantação), no município de Paragominas-PA.....	
05	Tratamento PC (Plantio convencional de 6 anos, cultivado desde 2006), no município de Paragominas-PA.....	
06	Coleta de amostras físicas indeformada utilizando-se trado do tipo Uhland e anéis volumétricos, em Paragominas-PA.....	
07	Densidade aparente em diferentes profundidades e sistemas de uso da terra.	
08	Valores Médios para Porosidade Total por Sistema de Manejo.....	
09	Valores Médios para Macroporosidade Total por Sistema de Manejo, dividido por suas profundidades.....	
10	Valores Médios para Microporosidade Total por Sistema de Manejo, dividido por suas profundidades.....	
11	Curvas de retenção de água em profundidade de 0-10cm, nos seguintes sistemas de uso: PC (Plantio Convencional; PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).....	
12	Curvas de retenção de água em profundidade de 10-20 cm, nos seguintes sistemas de uso: PC (Plantio Convencional; PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).....	
13	Curvas de retenção de água em profundidade de 20-40 cm, nos seguintes sistemas de uso: PC (Plantio Convencional; PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).....	
14	Curvas de retenção de água em todas as profundidades 0-40 cm, nos seguintes sistemas de uso: PC (Plantio Convencional; PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).....	
15	Água disponível nas profundidades amostradas.....	
16	Água disponível nos sistemas de uso: PC (Plantio Convencional; PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).....	

LISTA DE SIGLAS

Ds	→	Densidade do Solo
LAd	→	Latossolo Amarelo-distrófico
LRd	→	Latossolo Roxo distrófico
LVd	→	Latossolo Vermelho-distrófico
Macrop	→	Macroporosidade
Microp.	→	Microporosidade
MO	→	Matéria Orgânica
PD	→	Plantio Direto
Pt	→	Porosidade Total
SPC	→	Sistema de Preparo Convencional
SPD	→	Sistema de Plantio Direto

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos em Latossolo Amarelo sob sistema de plantio direto e convencional estabelecido em diferentes períodos de adoção no município de Paragominas-PA. O estudo foi desenvolvido durante o período da estação chuvosa, fevereiro de 2012, na fazenda Juparanã, com 459,80 ha, localizada no município de Paragominas – PA a nordeste do Estado do Pará. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro tratamentos e quatro repetições. As parcelas compreendem os tratamentos, que são formados por dois sistemas de manejo do solo (Plantio Convencional e Plantio Direto estabelecido em três diferentes períodos de adoção), e as subparcelas compreendem as profundidades de coleta de amostras de solo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm). A área de cada parcela foi de 200 m x 100 m (20.000 m²), composta por 4 subdivisões da parcela (repetições) de 5.000 m². A análise granulométrica, densidade do solo (Ds), macroporosidade, microporosidade, porosidade total, umidade volumétrica e água disponível, foram determinadas segundo metodologia (EMBRAPA, 2007). As médias obtidas nas análises físicas do solo, foram submetidas a análise de variância (ANOVA), e comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade, utilizando o programa SISVAR - Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999). Concluí-se que o sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de sete anos proporcionou maior microporosidade e o plantio direto com quatro aumentou a macroporosidade e a porosidade total no solo. O sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de quatro anos proporcionou maior densidade aparente na camada superficial e menor no sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de três anos. A umidade volumétrica foi maior no sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de sete anos e três anos e menores no sistema de preparo convencional. A quantidade de água disponível aumentou no sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de sete anos.

Palavres chaves: conservação do solo, latossolo amarelo. plantio direto, preparo convencional

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the physical attributes in Oxisol under no-tillage and conventional established in different periods of adoption in the city of Paragominas-PA. The study was conducted during the rainy season, in February 2012, on the farm Juparanã with 459.80 ha, located in the municipality of Paragominas - PA northeast of the state of Pará. The experimental design was a randomized block with split split, with four treatments and four replications. The plots include the treatments, which are formed by two soil management systems (Conventional Planting and Tillage set in three different periods of adoption), and subplots understand the depths of collecting soil samples (0-10 cm, 10 -20 cm, 20-40 cm). The area of each plot was 200 mx 100 m (20,000 m²), consisting of 4 subdivisions of the plot (repetitions) of 5,000 m². The sieve analysis, bulk density (Ds), macroporosity, microporosity, total porosity, soil moisture and water availability were determined according to the methodology (EMBRAPA, 2007). The averages in soil analyzes were subjected to analysis of variance (ANOVA), and compared by Scott-Knott test at 5% probability using the program SISVAR - Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999). We concluded that the management system conducted under zero tillage with adoption period of seven years provided greater microporosity and four tillage increased macroporosity and total porosity in the soil. The management system conducted under no-tillage adoption with the period of four years has resulted in greater density in the surface layer and lower system management conducted under no-tillage adoption with the period of three years. The water content was higher in the system under no-tillage management led to the adoption period of seven years and three years and lower in conventional tillage. The increased amount of water available in the system under no-tillage management led to the adoption period of seven years.

keywords: soil conservation tillage, dystrophic yellow, conventional tillage.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 GERAL.....	12
2.2 ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 O SISTEMA PLANTIO DIRETO	13
3.2 EFEITO DE SISTEMAS DE MANEJO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	14
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	17
4.3 AMOSTRAGEM.....	20
4.4 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO.....	21
4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE USO DA TERRA E PROFUNDIDADE.....	22
5.2 DENSIDADE REAL DO SOLO.....	23
5.3 DENSIDADE DO SOLO OU DENSIDADE APARENTE.....	24
5.4 POROSIDADE TOTAL.....	26
5.5 MACROPOROSIDADE	27
5.6 MICROPOROSIDADE.....	29
5.7 UMIDADE VOLUMÉTRICA EM PROFUNDIDADES.....	30
5.8 ÁGUA DISPONÍVEL EM SISTEMAS DE USO DA TERRA E PROFUNDIDADE	33
6 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

O solo é um componente complexo, vivo, dinâmico e em transformação que está sujeito a alterações e pode ser degradado ou manejado sabiamente nos diversos agroecossistemas (GLIESSMAN, 2005). A ação antrópica, assim como a textura do solo, no sistema solo-água-plantas-atmosfera, tende a ocasionar o surgimento de uma série de alterações nos atributos químicos, físicos e biológicos (KLAR, 1984; GUEDES, 2009). Essas alterações interferem na capacidade de infiltração, na evaporação, no suprimento de nutrientes, na quantidade de solo transportado pelo escoamento superficial e na perda de nutrientes, conseqüentemente reduzindo a produtividade dos solos agrícolas. A relação entre o manejo e a qualidade do solo é avaliada pelo seu efeito nesses atributos indicadores de qualidade (GUEDES, 1992; COSTA et al., 2003), podendo ser facilmente alterados pelo manejo (DORAN e PARKIN, 1994).

Conforme Lange (2002) e Altieri & Toledo (2011), a produção agrícola deve ser tratada sob o ponto de vista conservacionista, buscando práticas de manejo que reduzam interações negativas no solo e no clima, assegurando produções crescentes e adequadas, promovendo a conservação dos recursos naturais e a integração social. Desta forma, a caracterização física do solo, que envolve principalmente a densidade, porosidade, infiltração, e capacidade de retenção de umidade, é de fundamental importância para a avaliação das limitações agrícolas, pois está diretamente relacionada ao crescimento do sistema radicular das plantas e, conseqüentemente, ao desenvolvimento das culturas (SILVA et al. 2000; FREITAS, 2000; SIQUEIRA et al. 2006).

O Sistema Plantio Direto (SPD) é um sistema de manejo conservacionista com reduzida movimentação do solo, que visa minimizar o impacto da agricultura sobre o ambiente. O não atendimento aos seus requisitos mínimos (ausência de revolvimento, cobertura permanente do solo e rotação de culturas), pode provocar a degradação estrutural do solo. Algumas práticas que podem minimizar este problema são: a redução do trânsito de máquinas na área, a consorciação e sucessão de culturas com espécies de sistema radicular mais profundo e vigoroso, o aumento da produção de palha de superfície e o aumento da matéria orgânica do solo (VIEIRA; MUZILLI, 1984; COSTA et al., 2006).

No SPD, a densidade da camada superficial do perfil tende a aumentar com o tempo, causando redução no volume total de poros, devido à diminuição dos macroporos e ao aumento dos poros com diâmetro intermediário (DERPSCH, 1991; CASSEL et al., 1995; DERPSCH et al., 1997). Todavia, os valores mais elevados da densidade observados em

diversos tipos de solo não causaram problema para o crescimento de raízes (DERPSCH et al., 1991; ANJOS et al., 1994). A maior densidade no SPD pode ser até favorável, devido ao aumento da retenção de água, conforme observaram (DERPSCH et al. 1991).

Grande parte das áreas cultivadas com grãos no município de Paragominas advém da conversão das áreas de floresta em pastagem, portanto tem suas propriedades físicas alteradas (SALIMON et al., 2007; FARIA et al., 2010). Tais modificações, associadas a fatores bióticos, abióticos e antrópicos (DIAS-FILHO, 2011), acabaram exaurindo esses solos pouco tempo após o início do processo produtivo.

Apesar do sistema convencional e o sistema plantio direto ser utilizado em Paragominas, ainda existem poucas informações a respeito do comportamento físico dos solos nos diferentes sistemas de uso e manejo na região (GUEDES, 2009). No entanto a comparação entre esses tipos de uso, em relação aos atributos do solo, levando em consideração o tempo de adoção, tem constatado que o plantio direto se sobressai ao plantio convencional, tanto nos indicadores da fertilidade, como nas propriedades físico-hídricas do solo, quase sempre apresentando resultados satisfatórios a partir do quarto ano (SIDIRAS; PAVAN, 1986; DERPSCH, 2004; LOPES et al., 2004).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar os atributos físicos em Latossolo Amarelo sob sistema de plantio direto e convencional estabelecido em diferentes períodos de adoção no município de Paragominas-PA.

2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar a densidade do solo sob os sistemas de plantio direto e convencional no município de Paragominas-PA;

Determinar a porosidade total, macroporosidade, microporosidade e análise granulométrica em sistema de manejo no município de Paragominas-PA;

Quantificar a umidade no solo em sistema de plantio direto e convencional no município de Paragominas-PA.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O SISTEMA PLANTIO DIRETO

O Sistema Plantio Direto (SPD) é definido como o sistema de manejo no qual a implantação da cultura é feita sobre restos de culturas anteriores com a rotação de culturas e com a movimentação do solo restrita à linha de semeadura. Compreende um conjunto de técnicas integradas visando à redução de custos, a promoção da sustentabilidade ambiental, através da promoção de interações biológicas e processos naturais benéficos no solo, melhorando as condições ambientais (água-solo-clima) para explorar da melhor forma possível o potencial genético de produção das culturas em condições tropicais.

A possibilidade de semear diretamente em solo não arado ou gradeado surgiu na década de 30, através de trabalhos desenvolvidos na Estação de Rothamsted, na Inglaterra. No Brasil, este plantio, hoje nomeado Sistema de Plantio Direto (SPD) só se desenvolveu rapidamente a partir da década de 70, sendo os agricultores da Missão Agrícola Alemã, os primeiros a empregar essa técnica, em 1971, no Centro-Sul do Paraná (DERSPSCH, 1984). Segundo pesquisa realizada pelo projeto Rally da Safra (2012), atualmente o Mato Grosso ostenta a maior área cultivada neste sistema, com forte crescimento do milho safrinha e forte avanço da soja sobre as áreas de pastagem.

Segundo Lange (2002) e Pires (2003), com a difusão de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como o plantio direto, as práticas agronômicas devem ser adaptadas, visando à manutenção da capacidade produtiva dos sistemas agrícolas. Vieira et al. (1991) e Cardoso (1993), demonstram que um efeito do plantio direto sobre a estruturação do solo é a formação de agregados estáveis, a quantidade e qualidade em matéria orgânica do solo que condiciona uma melhoria nas condições físicas do mesmo, tornando-o mais resistente à erosão.

O Plantio Direto (PD) também é um importante modificador da concentração e da distribuição dos nutrientes no perfil do solo. O sistema de plantio convencional (PC) resulta numa distribuição mais uniforme de nutrientes na camada mecanizada, devido ao revolvimento desta, enquanto no Plantio Direto fica caracterizada a acumulação de elementos na camada superficial (HOLANDA et al., 1998).

O plantio direto, quando implantado com critérios e conduzido com persistência ao longo dos anos, diminui os riscos ambientais, tal qual da erosão e perda da Matéria Orgânica

(MO) e fertilidade química no solo e melhora a sustentabilidade da agricultura, mesmo perante a descapitalização do produtor e demais dificuldades e riscos. Observa-se a adoção desse sistema pela ampliação das áreas cultivadas após anos de cultivo, com maior aprendizado e interesse dos produtores pela proteção do solo, pelo manejo de culturas, pelo aumento da matéria orgânica e pela vida do solo (SATURNINO; LANDERS, 1997). Este fato também é observado na região Norte do País, onde o Governo do Estado, através da Secretaria de Estado de Agricultura, vem incentivando programas que visam a produção de grãos, inicialmente nas áreas de cerrado localizado no sul do Estado (Redenção) e, posteriormente, em áreas alteradas de florestas, nas regiões do Médio Amazonas (Santarém), Redenção e Belém-Brasília (Paragominas), localizada a 170 km da ferrovia de Carajás (FREITAS, 2011).

3.2 EFEITO DE SISTEMAS DE MANEJO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelos seus efeitos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (DORAN; PARKIN, 1994). Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura é uma propriedade sensível ao manejo, cuja qualidade pode ser analisada segundo variáveis relacionadas com sua forma (ALBUQUERQUE et al., 1995) e ou, com sua estabilidade (CAMPOS et al., 1995). O efeito de manejo sobre as propriedades físicas do solo é dependente da textura e mineralogia, as quais influenciam a resistência e a resiliência do solo a determinada prática agrícola (SEYBOLD et al., 1999).

Segundo Denardin e Kochhann (1997), de modo geral, os Latossolos no seu estado natural possuem alta macroporosidade e, conseqüentemente, alta capacidade de drenagem. Entretanto, quando estes solos são arados e gradeados, inicia-se o processo de destruição da porosidade natural, levando à formação de camadas pulverizadas e compactadas, que variam de espessura de acordo com o sistema e/ou intensidade do preparo utilizado. Desta forma, o sistema de plantio direto é um sistema de produção agrícola em que a semeadura das culturas é feita sem o preparo do solo, mantendo os restos culturais dos cultivos anteriores nas superfícies. Tal sistema de manejo é eficaz na proteção da superfície do solo contra agentes erosivos, mas como não há revolvimento do solo, pode ocorrer a formatação de camadas compactadas na distribuição das pressões exercidas na superfície do solo pelas máquinas e implementos ou cascos de animais, em áreas de integração pecuária e floresta.

O aumento da densidade do solo e a redução do volume de macroporos em lavouras sob este sistema foi verificado por vários autores, podendo ser considerado como uma

consequência natural do sistema de plantio direto (REINERT, 1990; SILVA; MIELNICKZUC, 1998). Mesmo nos casos de degradação estrutural do solo como consequência da adoção parcial ou má condução do PD, ou naqueles onde existe uma possível evolução de uma camada compactada formada anteriormente à implantação do PD (pé de grade/arado), existem diferentes níveis de compactação que devem ser considerados. Ainda assim, devido à cobertura morta, a quantidade de água infiltrada é maior no plantio direto em comparação ao convencional.

O comportamento dos atributos físicos de diferentes solos submetidos a diferentes sistemas de manejo foi estudado por Anjos et al. (1994), os quais observaram um pequeno aumento da Densidade do Solo (DS), comparando SPD e SPC com o solo sob vegetação natural. De Maria et al. (1999), avaliando o crescimento radicular e atributos físicos, observaram maior DS na camada 0 a 0,1 m em PD, embora tal fator não tenha sido determinante na densidade radicular da cultura da soja. No PD, a compactação da camada superficial é compensada, muitas vezes, pela continuidade dos poros resultante da maior atividade biológica do solo e das raízes em decomposição (GASSEN; GASSEN, 1996).

No Município de Redenção, Estado do Pará, Freitas (2005), nos anos agrícolas de 2000 e 2002, confirmou essa tendência de diminuição da densidade ao encontrar menores valores dessa variável, nas áreas com plantio direto quando comparadas às de plantio convencional (aração e gradagem), com médias de $1,21 \text{ kg.dm}^{-3}$ e $1,35 \text{ kg.dm}^{-3}$ para o plantio direto e de $1,29 \text{ kg.dm}^{-3}$ e $1,44 \text{ kg.dm}^{-3}$ para o plantio convencional, respectivamente para o primeiro e segundo ano na camada de 0-5 cm, atribuindo o resultado à aração profunda efetuada com arado de aiveca no plantio convencional antes da implantação do sistema.

A alteração na estrutura dos solos argilosos pelo plantio direto contínuo, com aumento na densidade e diminuição na macroporosidade e na porosidade total, pode provocar modificações no fluxo de água e nutrientes do solo e na atividade microbiana, atuando, conseqüentemente, na redução do desenvolvimento das culturas e no aumento do processo erosivo (CASTRO, 1989).

Ao analisar características físicas em diversos solos de Santa Catarina, Anjos et al. (1994) encontraram, em Latossolos e Cambissolos, maiores valores de densidade do solo nos sistemas de plantio direto e cultivo convencional, em comparação com a mata nativa. Em função dessa elevação na densidade do solo, a condutividade hidráulica do Cambissolo Bruno teve seus valores diminuídos no cultivo convencional. No entanto, quando a distribuição de chuvas é adequada para o desenvolvimento das culturas, aparentemente não há diferença entre métodos de preparo do solo ou plantio, mas em anos em que ocorre deficiência hídrica,

métodos conservacionistas que retêm mais umidade favorecem o desenvolvimento das culturas. No entanto alguns resultados de pesquisas também encontram semelhanças entre o manejo convencional e plantio direto, quanto a densidade e porosidade do solo na camada superficial de 0-10 cm (COSTA et al., 2003), principalmente quando há pouco tempo de uso do solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi desenvolvido durante o período da estação chuvosa, fevereiro de 2012, na fazenda Juparanã (Figura1), com 459,80 ha, localizada no município de Paragominas – PA a nordeste do Estado do Pará, leste da Amazônia Brasileira, a 320 km da cidade de Belém, com sua sede entre os meridianos 2° 25' e 3° 48' de latitude sul e 46° 25' e 48° 53' de longitude oeste (PARÁ, 2012) . Paragominas foi fundada no ano de 1965 possuindo hoje uma área equivalente a 19.341,858 km² e abriga uma população de 97.819 habitantes (IBGE, 2010).

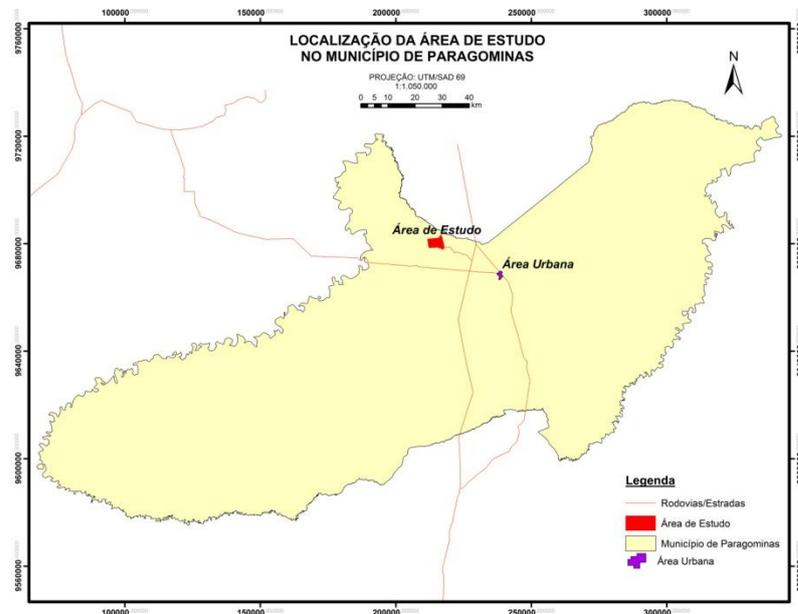


Figura 1: Localização da área de estudo, na Fazenda Juparanã, município de Paragominas.
Fonte: Arquivo pessoal.

Os solos das áreas de estudo são do tipo Latossolo Amarelo distrófico, ricos em argila e com baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2006; RODRIGUES et al., 2002) e

decorrente de pastagens com alto grau de degradação (FREITAS, 2011). O Clima descrito por Bastos (1972) e SUDAM (1984) é do tipo Aw de Köppen, isto é, tropical chuvoso com estação seca bem definida. As temperaturas médias do ar variam de 25,6 °C a 27,8°C. A precipitação pluviométrica na região varia de 857,8 a 2.787,7 mm, média anual de 1.802 mm com duas estações, uma chuvosa que vai de dezembro a maio e outra menos chuvosa de junho a novembro. A umidade relativa do ar é bastante elevada com média anual em torno de 80% com médias mensais variando de 70% a 90% (RODRIGUES et al., 2002).

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (CHACÍN LUGO, 1997), com quatro tratamentos e quatro repetições. As parcelas compreendem os tratamentos, que são formados por dois sistemas de manejo do solo (Plantio Convencional e Plantio Direto estabelecido em três diferentes períodos de adoção), e as subparcelas compreendem as profundidades de coleta de amostras de solo (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm). A área de cada parcela foi de 200 m x 100 m (20.000 m²), composta por 4 subdivisões da parcela (repetições) de 5.000 m².

O delineamento experimental proporcionou informações para analisar a interação dos tratamentos versus profundidade e anos, procedendo-se também ao desdobramento dos tratamentos dentro de cada profundidade, profundidade dentro de cada tratamento e profundidade dentro de cada ano, dos sistemas de manejo do solo definido na Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos e sistemas de manejo conduzidos em experimento de campo na fazenda Juparanã Paragominas-PA.

Tratamentos	Sistemas de Manejo do Solo
PD7	Plantio direto com 7 anos
PD4	Plantio direto com 4 anos
PD3	Plantio direto com 3 anos
PC	Preparo convencional

O tratamento PD7 (Plantio direto com 7 anos de implantação) Figura 2, cultivado sob rotação de milho/soja desde 2005. O tratamento PD4 (Plantio direto com 4 anos de

implantação) Figura 3, cultivado sempre em rotação de milho/soja desde 2008. O tratamento PD3 (Plantio direto com 3 anos de implantação) Figura 4, cultivado sempre em rotação de milho/soja desde 2009. Já o tratamento T4 (Preparo convencional) Figura 5, cultivado sempre em rotação de milho/soja desde 2005.



Figura 2: Tratamento PD7 (Plantio direto com 7 anos), no município de Paragominas-PA.

Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 3: Tratamento PD4 (Plantio direto com 4 anos de implantação), no município de Paragominas-PA.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 4: Tratamento PD3 (Plantio direto com 3 anos de implantação), no município de Paragominas-PA.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 5: Tratamento PC (Plantio convencional de 6 anos, cultivado desde 2006), no município de Paragominas-PA.
Fonte: Arquivo pessoal.

4.3 AMOSTRAGEM

Em cada tratamento foram coletadas amostras deformadas e indeformadas nas seguintes profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm.

As amostras deformadas foram coletadas com o auxílio de um trado tipo Sonda, dentro das entrelinhas de plantio a distâncias equivalentes em um percurso em zig-zag, para cada tratamento (VELOSO et al., 2004). Seguindo este parâmetro, dentro de cada repetição dos tratamentos, foram coletadas 12 amostras simples por profundidade. As amostras simples de cada repetição por profundidade foram misturadas e homogeneizadas, formando apenas uma amostra composta por repetição dentro de cada tratamento, perfazendo, neste estudo, um total de 48 amostras compostas, sendo estas utilizadas para a determinação granulométrica do solo de cada sistema de uso.

As amostras com estrutura indeformada foram coletadas utilizando-se um trado do tipo Uhland com anéis volumétricos de aço inoxidável com 100 cm³ Figura 6. Em cada tratamento, dentro de cada repetição, foram abertas três pequenas trincheiras em porção representativa da parcela, onde foram coletadas amostras com estrutura preservada dentro das profundidades citadas, constituindo um total de 36 amostras por tratamento e 144 amostras no estudo. Estas amostras indeformadas foram encaminhadas para a determinação da densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e umidade do solo.



Figura 6: Coleta de amostras físicas indeformada utilizando-se trado do tipo Uhland e anéis volumétricos, em Paragominas-PA.

Fonte: Arquivo pessoal

Todas as amostras foram analisadas no Laboratório de solos da Embrapa Amazônia Oriental, conforme a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 2007).

4.4 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

A análise granulométrica foi determinada na camada de 0-0,2 m de profundidade, pois não há variação textural em 0,05 m neste solo. Esta foi determinada após dispersão com NaOH 1mol L⁻¹, agitação mecânica horizontal e peneiramento úmido obtendo-se a fração areia. A argila foi obtida por sedimentação pelo método da pipeta e o silte por diferença (EMBRAPA, 1997).

A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico com capacidade para conter amostra indeformada de 100 cm³, segundo a metodologia da Embrapa, sendo calculada pela fórmula:

$$D_s = \frac{m}{V} ; (\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3})$$

Onde:

m = massa de solo seco, em kg; V = volume do cilindro, em dm³

Para determinação da macro e microporosidade as amostras indeformadas foram saturadas em bandejas com água até dois terços da altura do anel, para determinação dos valores de macroporosidade (Poros >50 µm) e microporosidade (Poros < 50 µm) foram obtidos submetendo as amostras saturadas ao potencial de -0,006 MPa (EMBRAPA, 2007), equilibradas em uma mesa de tensão. Os macroporos foram estimados como a diferença entre o conteúdo de água do solo saturado e o conteúdo de água do solo após a aplicação do potencial de - 0,006 MPa. O volume de microporos foi estimado como sendo o conteúdo de água retido no potencial de -0,006 MPa. A porosidade total obtida pela fórmula (1- Ds/Dp), a densidade do solo foi determinada conforme Embrapa (2007).

Para determinação da curva de retenção de água as amostra foram submetidas às tensões (gráficos) de -0,001, -0,002, -0,003,-0,004, -0,005, -0,006, -0,007, -0,008, -0,009 e - 0,01 MPa na mesa de tensão. Para altas tensões utilizou-se amostras deformadas com cerca de 4 mm de diâmetro, conforme Dexter (2004) sendo estas submetidas a respectivas tensões -

0,03; -0,07; -1,0; -3,0; -10 e -15 MPa utilizando câmaras com placa porosa conforme Klute (1986). A partir das tensões aplicadas e os respectivos valores de umidades determinadas foram ajustadas à equação de Van Genuchten (1980).

$$\theta = \theta_r + \left[(\theta_s - \theta_r) / \left[1 + (\alpha \times \psi)^n \right]^m \right]$$

Onde:

θ : conteúdo de água volumétrico (m³ m⁻³);

ψ : Potencial mátrico (MPa);

θ_s : Conteúdo de água na saturação (m³ m⁻³);

θ_r : Conteúdo de água residual (m³ m⁻³);

α e n : São parâmetros do ajuste do modelo.

Adotou-se a restrição para $m = 1 - 1/n$ no ajuste do modelo.

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Na análise estatística, os sistemas de manejo foram considerados como sendo as parcelas, e as profundidades de amostragem, como subparcelas, constituindo um delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas. As médias obtidas nas análises físicas do solo, foram submetidas a análise de variância (ANOVA), e comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade, utilizando o programa SISVAR - Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE USO DA TERRA E PROFUNDIDADE

Com base na análise de variância, verificou-se que houve diferenças, em alguns casos foram significativas apenas para sistemas de manejo, em outros casos para profundidade e também para a interação destes (Tabela 2).

A Densidade Real (Dr) foi significativa apenas em profundidade (0,0535) e está ligada com a mineralogia do solo. A Porosidade Total do solo (Pt), propriedade que tem uma relação

estreita e inversa com a Densidade Aparente (Dap), apresentou valores médios muito próximos nos sistemas de uso do solo, o que demonstra que o cultivo afetou de modo similar esse atributo, sendo significativa apenas para profundidade (0,0028). Por outro lado a Dap teve significância estatística para todas as fontes de variação, ressaltando-se a Repetição.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância de atributos físicos de um Latossolo Amarelo distrófico em função de sistemas de uso da terra e profundidade.

FV	QM					
	Dr	Dap	Pt	Macrop	Microp	Água disp.
Repetição	0,0144 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0040 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Sist. de Manejo	0,0161 ^{ns}	0,0125 ^{**}	0,0019 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
Profundidade	0,0535 ^{**}	0,0315 ^{**}	0,0028 ^{**}	0,0054 ^{**}	0,0008 ^{ns}	0,0076 ^{**}
Sist. Manejo x Prof.	0,0013 ^{ns}	0,0027 ^{**}	0,0002 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Erro	0,0039	0,0017	0,0004	0,0010	0,0003	0,0003
CV (%)	4,75	3,12	3,86	29,57	4,31	18,21

Dr= Densidade Real; Dap= densidade aparente; Pt= Porosidade total; Macrop= Macroporosidade; Microp= Microporosidade; Água disp. Água disponível. ** = Significativo a 5% pelo teste de Scott-Knott; ns = Não significativo; FV = Fonte de variação; QM = Quadrado médio.

A Macroporosidade foi significativa apenas em profundidade (0,0054), não apresentando diferenças para os sistemas de manejo adotados.

A Microporosidade não foi significativa para sistemas de manejo e profundidade. A densidade aparente foi significativa tanto em sistemas de manejo (0,0125), em profundidades (0,0315) e para o desdobramento sistema de manejo e profundidade (0,0027). Água disponível foi significativa apenas para profundidade (0,0001).

5.2 DENSIDADE REAL DO SOLO

Na Tabela 3, são encontrados os resultados médios obtidos para a variável Densidade Real, nas diferentes profundidades para os sistemas de manejo estudados.

Tabela 3 - Densidade Real média do solo

Prof.	Densidade Real (kg. dm ⁻³)				
	PC	PD3	PD4	PD7	Média
0-10 cm	1,141	1,198	1,066	1,100	1,126 B
10-20 cm	1,216	1,234	1,168	1,179	1,199 A
20-40 cm	1,243	1,271	1,214	1,234	1,240 A
Média	1,200 ^{ns}	1,234 ^{ns}	1,150 ^{ns}	1,171 ^{ns}	-

PC = plantio convencional; PD3= plantio direto com 3 anos, PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = plantio direto com 7 anos. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

ns = Não significativo

Os diferentes sistemas de manejo do solo não influenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) na densidade das partículas, indicando que a matéria orgânica acumulada, característica do sistema de Plantio Direto, mostra que o tempo de adoção não foi suficiente para alterá-la (BRADY; BUCKMAN, 1983). As características granulométricas e mineralógicas dos solos da região se mantêm próxima para todos os sistemas de manejo (Tabela 4), uma vez que todos estão localizados sobre Latossolo Amarelo, diferenciando-se estatisticamente apenas entre as profundidades, sendo a Dr para a profundidade de 0-10 cm ($1,126 \text{ kg. dm}^{-3}$) menor que para as profundidades de 10-20 cm ($1,199 \text{ kg. dm}^{-3}$) e de 20-40 cm ($1,240 \text{ kg.dm}^{-3}$), diferindo estatisticamente destas duas últimas. Este fato pode ser atribuído em parte, ao maior conteúdo de matéria orgânica na camada superficial do solo, em ambos os sistemas de manejo, como observado também por Lourente et al. (2011).

Tabela 4 - Teor de areia grossa, areia fina, silte e argila total de um Latossolo Amarelo em diferentes sistemas de uso na profundidade de 0-0,20 m do Município de Paragominas-PA.

Sistemas de Uso	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila Total
	----- g kg ⁻¹ -----			
PD3	13,50	28,50	328,25	630,00
PD4	22,75	53,75	316,50	607,50
PD7	18,13	29,88	364,50	587,75
PC	22,00	51,38	261,88	665,00

PC = plantio convencional; PD3= plantio direto com 3 anos, PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = plantio direto com 7 anos.

5.3 DENSIDADE DO SOLO OU DENSIDADE APARENTE

A Densidade Aparente (Dap.) do solo variou em função dos sistemas de uso do solo e profundidade (Figura 3), podendo ser observado um aumento significativo da densidade na camada superficial (0-10 cm), no Plantio Convencional e Plantio Direto, principalmente no PD4, semelhante ao obtido por Tormena et al. (2004) em Latossolo Vermelho eutroférico. Maiores valores de Dap. em solos sob plantio direto também foram constatados por diversos autores (ROTH et al., 1988; HILL, 1990; KLEIN; LIBARDI, 2002). Estes resultados devem-se à menor perturbação mecânica do solo no PD associada com tráfego de máquinas, implicando a coalescência dos agregados e, portanto, uma matriz mais densa.

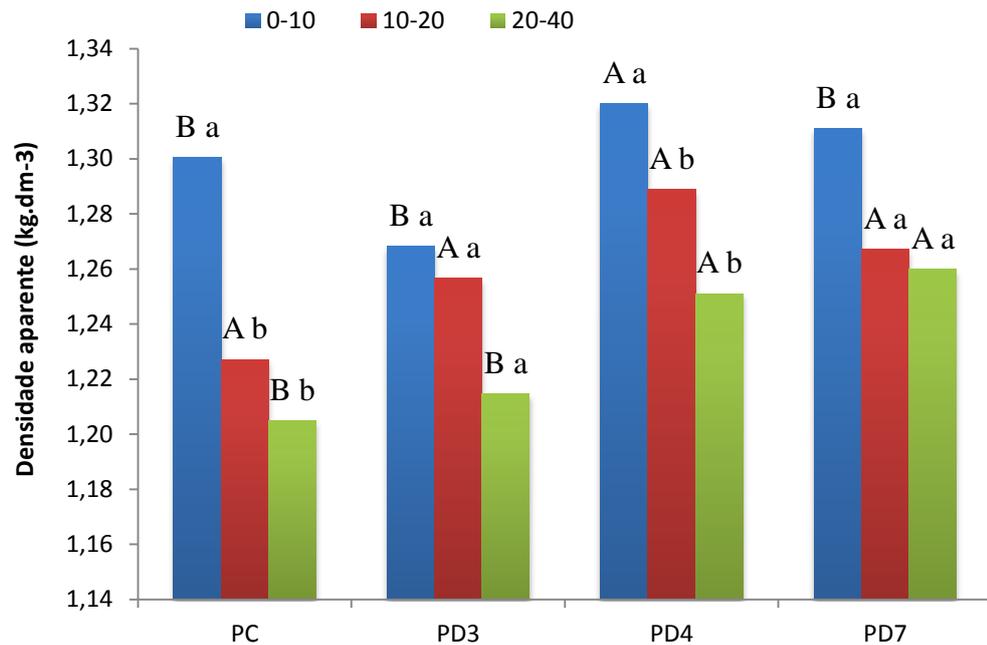


Figura 7 - Densidade aparente em diferentes profundidades e sistemas de uso da terra. PC = plantio convencional; PD3= plantio direto com 3 anos, PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = plantio direto com 7 anos. Letras maiúsculas comparam sistemas de manejo e minúsculas comparam profundidades dentro de cada sistema. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No PD3, apesar de menor densidade em todas as profundidades, não houve diferença estatística quando comparado com o PC, aumentando na camada de 10-20 cm e diminuindo na última camada (20-40 cm). No PD7 houve um aumento da densidade na camada superficial de 0-10 cm, porém não houve diferença estatística para as camadas subsuperficiais. Maiores valores de densidade para PC e PD com até 8 anos também foram encontrados por Guedes (2009), podendo ser atribuído ao conteúdo de matéria orgânica presente no solo, que contribui para uma melhor agregação, aumentando a estabilidade estrutural do solo (HORN et al., 1995; SÁ, 2004), mas que ao longo do tempo tende a reduzir a densidade no plantio direto (TORMENA et al., 2002).

A densidade do solo nos quatro sistemas avaliados não diferiu entre si na camada de 0,10-0,20 m, demonstrando que tanto os sistemas convencionais de manejo como o plantio direto não alteraram este parâmetro nesta profundidade (CRUZ et al.; 2003).

Os valores encontrados para a Dap. foram diferentes aos obtidos por Costa et al. (2006), onde não houve diferença significativa entre os sistemas e nas profundidades a Dap. teve valores mais altos nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, em função, provavelmente, do menor conteúdo de matéria orgânica e do acúmulo das pressões exercidas pelo tráfego nestas

camadas. Entretanto, Souza (2011) observou diferença significativa estatisticamente para a densidade do solo entre PC e PD.

A maior densidade do solo nas camadas superficiais do plantio direto com relação ao sistema convencional também foi encontrada por Secco et al. (1997), trabalhando em um Latossolo Vermelho-Escuro, bem como por Tormena et al. (1998), estudando o mesmo tipo de solo, em Ponta Grossa (PR).

5.4 POROSIDADE TOTAL

Os dados para a Porosidade Total (Pt.) estão expressos na Tabela 5, onde podemos observar variação estatística entre as profundidades, com maior valor na camada superficial do solo (0-10 cm), enquanto os sistemas de manejo não apresentaram diferença estatística para este atributo avaliado.

Tabela 5 – Valores Médios para a Porosidade Total do Solo.

Prof	Porosidade Total (m ³ . m ³)				Média
	PC	PD3	PD4	PD7	
0-10 cm	0,509	0,481	0,548	0,505	0,511 A
10-20 cm	0,480	0,478	0,518	0,491	0,492 B
20-40 cm	0,479	0,468	0,513	0,468	0,482 B
Média	0,489	0,476	0,526	0,488	-

PC = plantio convencional; PD3= plantio direto com 3 anos, PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = plantio direto com 7 anos. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = Não significativo

As valores médias para Porosidade Total (PT), obtidos para a profundidade de 0-10 cm, foi de (0,511 m³.m³) de solo, para as camadas de 10-20 e 20-40 cm, foram obtidos os valores de (0,492 e 0,482 m³.m³) de solo, respectivamente. A média para PC foi de 0,489 m³.m³ de solo, muito próximo á media para o PD7, que foi de 0,488 m³.m³ de solo. A média mais alta foi para o PD4 (0,526 m³.m³ de solo) e a mais baixa para o PD3 (0,476 m³.m³) de solo).

Apesar de não haver diferença estatística, observou-se uma tendência de aumento da Porosidade total para o PD (Figura 8), com redução característica do valor deste atributo com o aumento da profundidade de amostragem, tendo suas propriedades melhoras a partir do quarto ano de adoção do sistema (TORRES; SARAIVA, 1999; LEITE; MEDINA, 1984; FREITAS, 2005; COSTA et al., 2006).

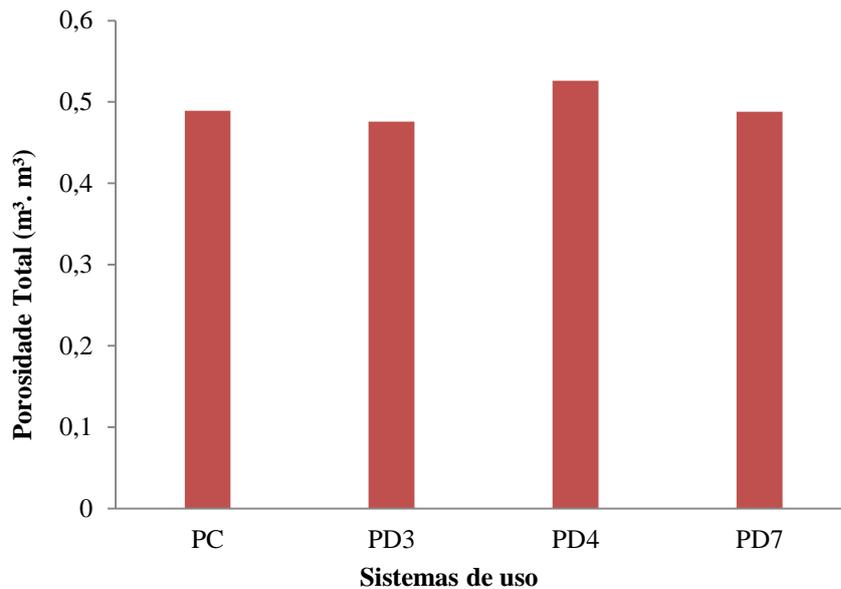


Figura 8: Valores Médios para Porosidade Total por Sistema de Manejo. PC = plantio convencional; PD3= plantio direto com 3 anos, PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = plantio direto com 7 anos.

Corroborando com este estudo e os demais autores citados, Guedes (2009) observou, em área de Latossolo Amarelo de Paragominas (PA), que no plantio convencional a camada superficial a estrutura é mais modificada, sendo os agregados destruídos. No sistema convencional e o solo se transforma em uma estrutura maciça, enquanto que no plantio direto a porosidade total é reduzida pela pressão exercida na superfície, mas tende a aumentar com a consolidação do sistema, devido ao acúmulo de matéria orgânica.

5.5 MACROPOROSIDADE

Os valores para a Macroporosidade são apresentados na Tabela 6, onde se pode observar que houve apenas diferença estatística para as médias entre as profundidades, e que os sistemas de manejo não foram responsáveis por alterações na Macroporosidade do solo.

Tabela 6 – Valores médios para a Macroporosidade do Solo.

Prof.	Média de Macroporosidade (m³. m ⁻³)				Média
	PC	PD3	PD4	PD7	
0-10 cm	0,12961	0,10738	0,17068	0,10342	0,12777 A
10-20 cm	0,09839	0,09661	0,14341	0,10653	0,11124 B
20-40 cm	0,08111	0,0798	0,11482	0,07662	0,08809 B
Média	0,10304	0,0946	0,14297	0,09552	-

PC = plantio convencional; PD3= plantio direto com 3 anos, PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = plantio direto com 7 anos. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.
ns = Não significativo

A Macroporosidade média na profundidade 0-10 cm foi de $0,12777 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ de solo, sendo superior aos valores das profundidades de 10-20 ($0,11124 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ de solo) e 20-40 cm ($0,08809 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ de solo). Araújo, Tormena e Silva (2004) afirmam que a Macroporosidade ou a porosidade ocupada com ar no potencial de $-0,006 \text{ MPa}$, é uma medida relacionada com a taxa de difusão de oxigênio no solo. Para Vomicil e Flocker (1961) e Guedes (2009), as profundidades de 0-10 e 10-20 cm apresentam macroporosidade restritiva para o bom desenvolvimento das raízes, já que assumem valores acima de $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ de solo. Já para Primavesi (2002), Beultler e Centurion (2003), no sistema plantio direto a macroporosidade é maior que no plantio convencional, devido à melhor proteção que oferece ao solo. Além do que favorece a maior atividade microbiana do solo, resultando em melhor arejamento e facilitando a infiltração de água, refletindo também no melhor metabolismo vegetal, bem como na a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

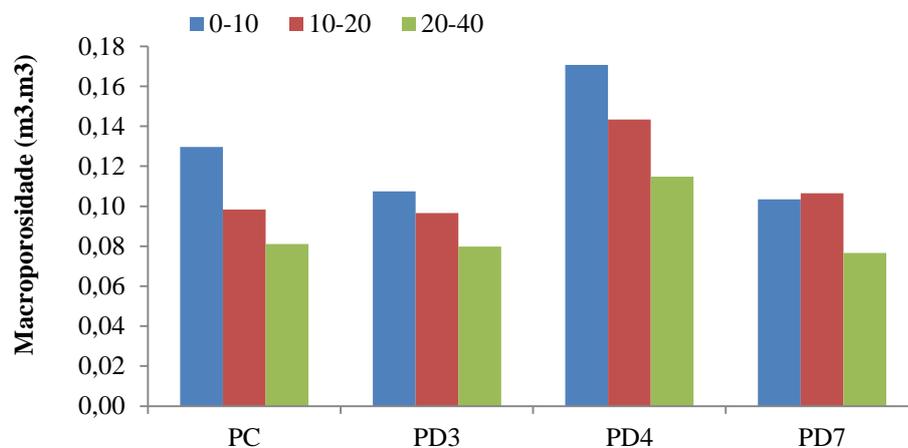


Figura 9: Valores Médios para Macroporosidade Total por Sistema de Manejo, dividido por suas profundidades. PC = plantio convencional; PD3= plantio direto com 3 anos, PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = plantio direto com 7 anos.

Mesmo os sistemas de manejo não diferindo estatisticamente, é possível observar um ligeiro aumento da Macroporosidade média para o PD4 e um comportamento atípico para a profundidade de 10-20 cm para PD7, sendo apresentada maior Macroporosidade do que na profundidade superficial.

5.6 MICROPOROSIDADE

Os valores para a Microporosidade média estão disponíveis na Tabela 7. Não houve significância estatística para nenhuma das fontes de variação, indicando que o comportamento dos microporos não sofre alterações decorrentes do tipo de sistema de manejo do solo adotado, da profundidade da coleta ou da interação destas duas.

Tabela 7 – Valores médios para a Microporosidade do Solo.

Média de Microporosidade ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)					
Prof.	PC	PD3	PD4	PD7	Média
0-10 cm	0,379554	0,373871	0,376825	0,401167	0,382854
10-20 cm	0,381192	0,381721	0,374925	0,384304	0,380535
20-40 cm	0,398054	0,3877	0,397679	0,391717	0,393788
Média	0,386267	0,381097	0,383143	0,392396	-

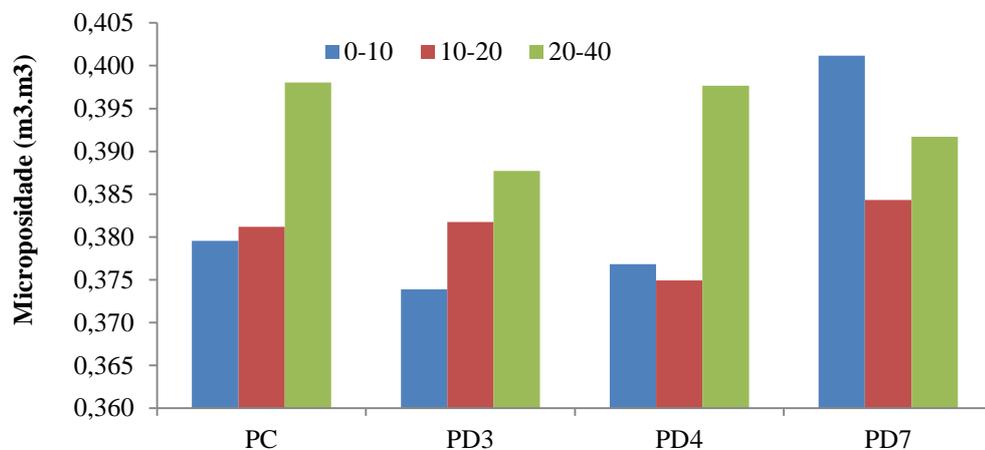


Figura 10 – Valores Médios para Microporosidade Total por Sistema de Manejo, dividido por suas profundidades. PC = plantio convencional; PD3= plantio direto com 3 anos, PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = plantio direto com 7 anos.

A média para as profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm foram, respectivamente 0,382854; 0,380535 e 0,393788 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ de solo, com destaque para a profundidade de 20-40 cm. Dentre os sistemas de manejo do solo, o que teve maior valor para microporosidade foi o PD7, com média de 0,392396 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ de solo. Esses valores ficaram acima dos obtidos por Freitas (2005) para sistemas de plantio direto em área de Cerrado do Sudeste Paraense, enquanto Guedes (2009) registrou valores superiores quando analisou plantio direto em Latossolos Amarelo argiloso em Paragominas.

5.7 UMIDADE VOLUMÉTRICA EM PROFUNDIDADES

De acordo com as curvas de retenção de água no solo avaliados, observou-se que o conteúdo de água no solo variou em função da profundidade. A umidade foi observada nas seguintes tensões: 6, 10, 30, 100 e 1500 KPa.

Na camada superficial (0-10), a área de Plantio Direto 7 anos (PD7), apresentou maior volume de retenção de água ($0,3348\text{m}^3.\text{m}^3$), em relação aos demais sistemas de uso avaliados, isso mostra que o solo tem boa qualidade física, pois, disponibiliza água para a planta mesmo com uma grande tensão. Marciel Netto et al.,2000, reforça em seu estudo, que a dinâmica da água no solo é um processo contínuo que controla o movimento dos elementos químicos que intervêm dos processos de formação e evolução dos solos, nas disponibilidade de nutrientes para as plantas e na satisfação da demanda hídrica. Em compensação nessa mesma camada o sistema de uso que apresentou menor volume de retenção de água foi o plantio convencional ($0,3120\text{m}^3.\text{m}^3$) conforme a Figura 11.

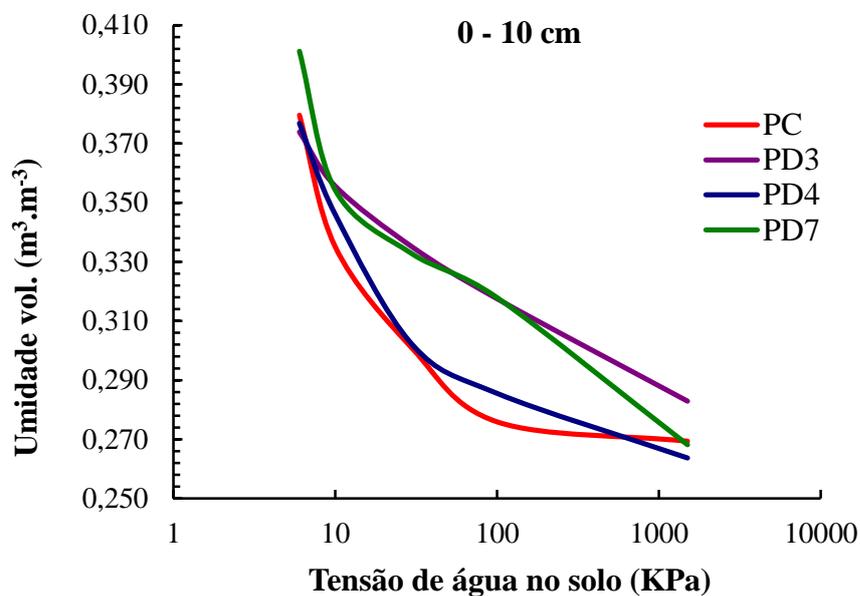


Figura 11: Curvas de retenção de água em profundidade de 0-10cm, nos seguintes sistemas de uso: PC (Plantio Convencional); PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).

Figura 12, encontra-se as curvas de retenção nas profundidades de (10-20), o sistema de uso que sobressai é o Plantio Direto de 3 anos (PD3), pois, apresentou o maior valor de retenção de água ($0,3496 \text{ m}^3.\text{m}^3$). No plantio convencional nessa mesma profundidade pode observar o menor valor de retenção de água, sendo assim esse sistema de uso, nessa profundidade e nessa tensão, disponibiliza menor quantidade de água para as plantas.

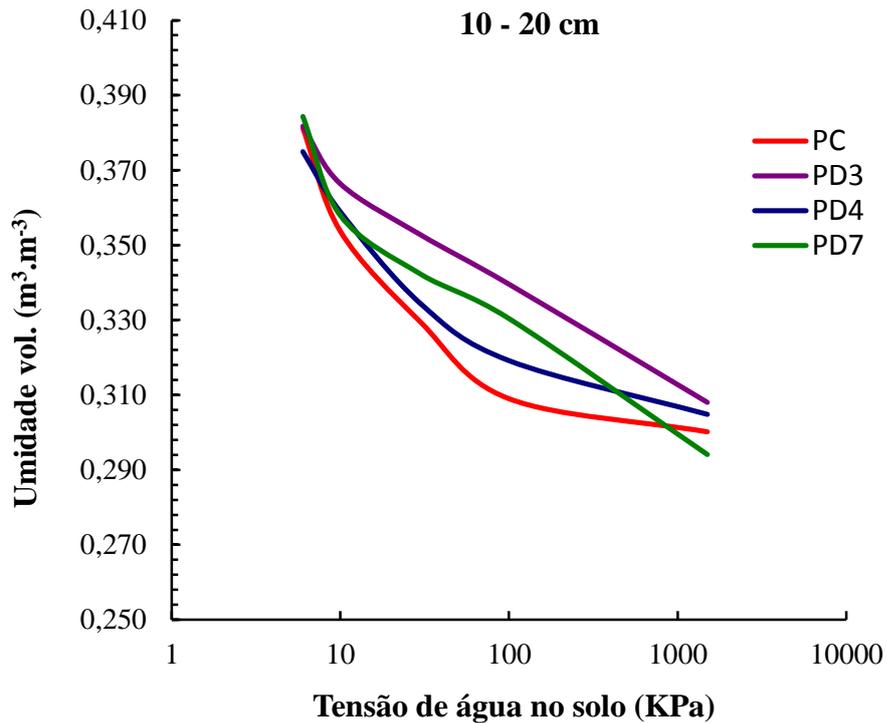


Figura 12: Curvas de retenção de água em profundidade de 10-20 cm, nos seguintes sistemas de uso: PC (Plantio Convencional); PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).

Na figura 13, observa-se as curvas de retenção de água nas profundidades de (20-40 cm). Os maiores volumes para umidade encontrados ($0,3639 \text{ m}^3.\text{m}^3$), foi no Plantio Direto de 4 anos (PD4), o menores volumes de água encontrados foi no Plantio Convencional ($0,3589 \text{ m}^3.\text{m}^3$) e Plantio Direto 7 ($0,3567 \text{ m}^3.\text{m}^3$), devido a uma possível queda dos macroporos, devido alguma ação antrópica, aumentando o nível de microporos, possibilitando uma menor retenção de água no solo.

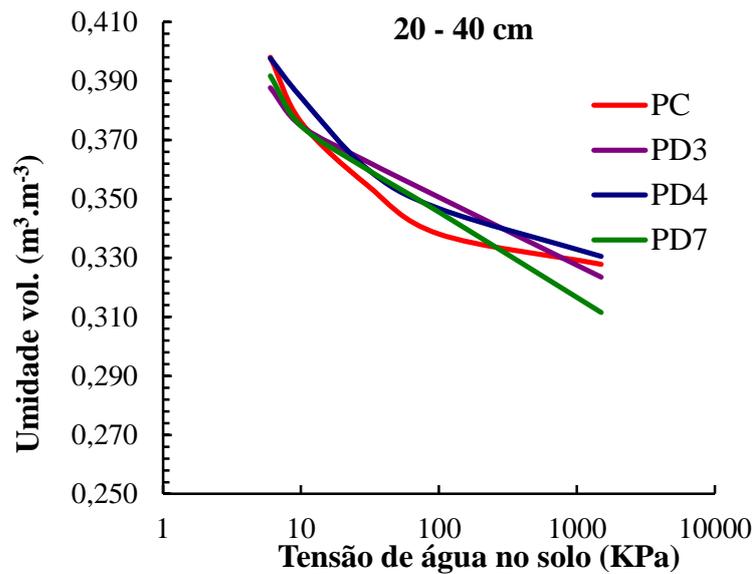


Figura 13: Curvas de retenção de água em profundidade de 20-40cm, nos seguintes sistemas de uso: PC (Plantio Convencional; PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).

A figura 14, mostra como se comportou a umidade volumétrica em todos os sistemas de uso, todas as profundidades e em todas as tensões. Onde no geral o Plantio Direto em todos os anos de adoção retém a maior umidade volumétrica, ficando claro que nesse sistema (PD) há maior quantidade de água disponível para a planta e no sistema plantio convencional há disponibilidade água é baixa.

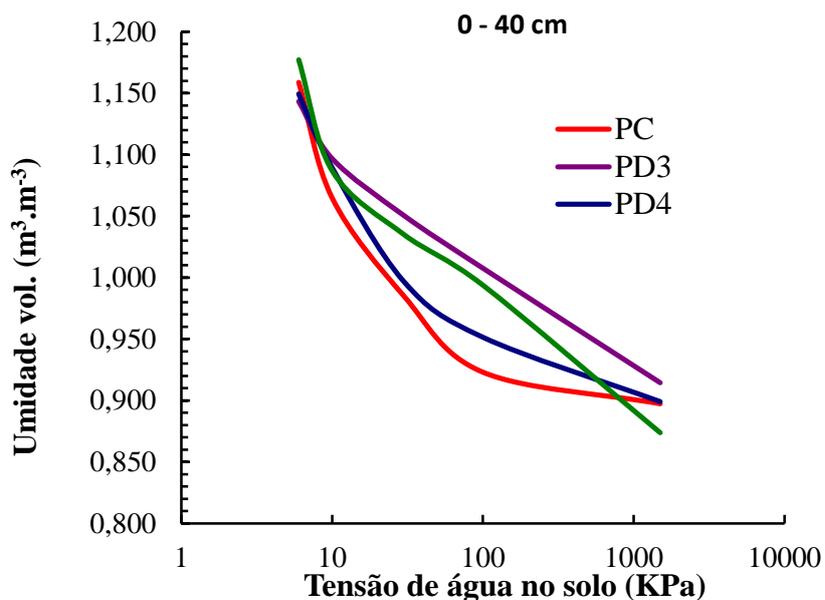


Figura 14: Curvas de retenção de água em todas as profundidades 0-40 cm, nos seguintes sistemas de uso: PC (Plantio Convencional; PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).

5.8 ÁGUA DISPONÍVEL EM SISTEMAS DE USO DA TERRA E PROFUNDIDADE

A água disponível foi significativa apenas na profundidade, não houve diferença estatística para sistemas de uso. Na Figura 15 pode-se observar através do gráfico a diferença estatística apenas na camada 20-40 cm, isso ocorre devido à baixa retenção de água obtida na umidade volumétrica no PD7 para esta profundidade, devido à queda de macroporos e o aumento de microporos para essa profundidade. Embora em sistemas de uso não tenha diferença estatística, há uma tendência clara de água disponível com o passar dos anos.

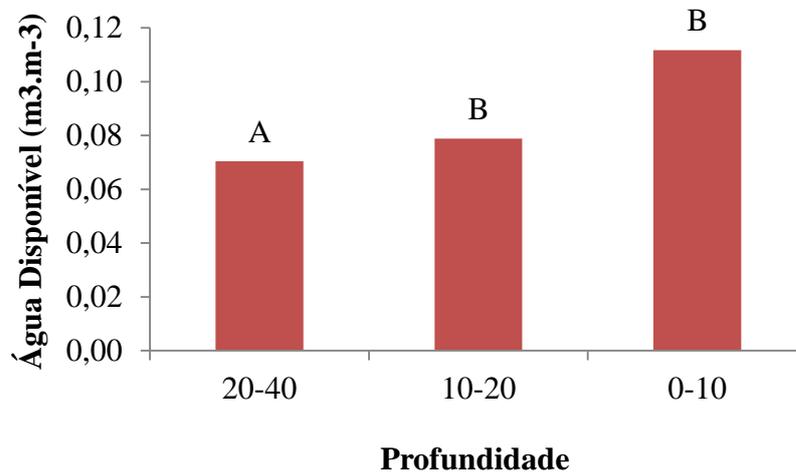


Figura 15: Água disponível nas profundidades amostradas.

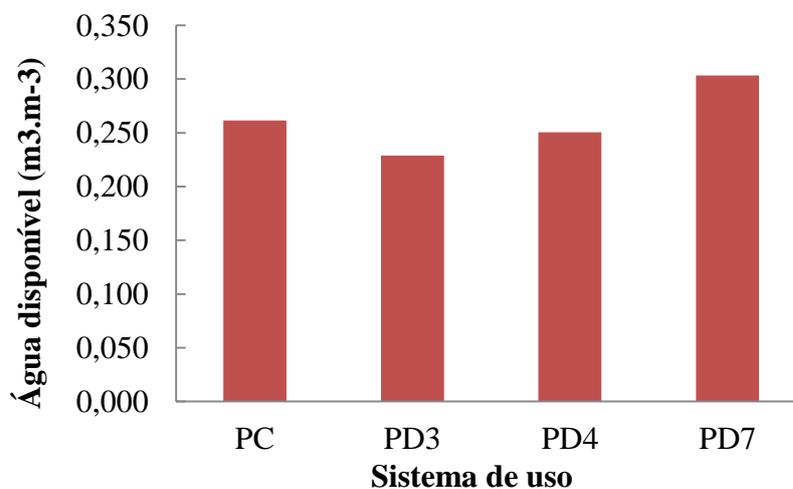


Figura 16: Água disponível nos sistemas de uso: PC (Plantio Convencional; PD3 (Plantio Direto 3 anos); PD4 (Plantio Direto 4 anos); PD7 (Plantio Direto 7 anos).

6 CONCLUSÕES

- 1- O sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de sete anos proporcionou maior micro e o plantio direto com quatro anos foi maior para macro porosidade total no solo.
- 2- O sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de quatro anos proporcionou maior densidade aparente na camada superficial e menor no sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de três anos.
- 3- A umidade volumétrica foi maior no sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de sete anos e três anos e menores no sistema de preparo convencional.
- 4- A quantidade de água disponível aumentou no sistema de manejo conduzido sob plantio direto com o período de adoção de sete anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J. PETRERE, C. & FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:115-119, 1995.
- ALTIERI, MIGUEL A.; TOLEDO, VICTOR MANUEL. **The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants.** The Journal of Peasant Studies, Londres, v. 38, No. 3, July 2011, p. 587–612.
- ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 139-145, jan./abr. 1994.
- BASTOS, T. X. O estado atual do conhecimento das condições climáticas da Amazônia brasileira. In: **Zoneamento Agrícola da Amazônia**. Belém. IPEAN, (Boletim Técnico, 54). p 68-122. 1972.
- CAMPOS, R.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.& PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:121-126, 1995.
- CASTRO, O. M. de. **Compactação do solo em plantio direto**. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: ESALQ, 1998. p. 129-139.
- CASSEL, D. K.; RACZKOWSKI, C. W.; DENTON, H. P. **Tillage effects on corn production and soil physical conditions**. Soil Science Society America Journal, Madison, v.59, p.1436-1443, 1995.
- CHACÍN LUGO, F. B. **Cursos de avances recientes en el diseno y análisis de experimentos**. [S.l.]: Universidad Central da Venezuela, 1997. 145 p.
- COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.527-535, 2003.
- COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G. de. **Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.
- DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos e preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 703-709, jul./set. 1999.
- DENARDIN, J.E. & KOCHHANN, R.A. Pesquisa de desenvolvimento em sistema plantio direto no Rio Grande do Sul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 26., Rio de Janeiro, 1997. Palestra. Rio de Janeiro, 1997. CD ROOM

DERPSCH, R. Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre plantio direto no Brasil. In: **FUNDAÇÃO CARGILL**, Campinas, SP. Plantio direto no Brasil. Campinas, 1984. p.53-78

DERPSCH, C.H.R.; SIDIRAS, N. ; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Londrina; IAPAR/GTZ, 1991.

DERPSCH, R. **O meio ambiente e o plantio direto: agricultura sustentável**. Goiania-GO, p. 29-48, 1997.

DERPSCH, R. A expansão do plantio direto no mundo. **Revista Plantio Direto**, SP, p. 1-10. 2004.

DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 243-252, 2011. Suplemento especial.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-22.

DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality, In: DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-21. (Special publication, 35).

EMBRAPA (1997). **Manual de métodos de análises do solo**. EMBRAPA, 2ª ed. Rio de Janeiro. 212 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA)- Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ª edição. Rio de Janeiro, RJ. Embrapa Solos, 2007.

FARIA, A. F. G.; SANTOS, A. C.; SANTOS, T. M.; BATISTELLA FILHO, F. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do Rio Araguaia, estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 517-524, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000200025>

FREITAS, P.L. de. BLANCANGAUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY; FELLER, C. **Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2000.

FREITAS, L. DE SOUZA. **Variação temporal de atributos químicos de dois Latossolos Amarelos sob diferentes sistemas de manejo do solo nos municípios de Redenção e Paragominas-PA**. / Luis de Souza Freitas – Belém, 2011. 244 f.:il. Tese (Doutorado em

Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2011.

FREITAS, L. de S. **Efeito de sistemas de manejo sobre a matéria orgânica e algumas propriedades químicas e físicas do solo, em área de cerrado, no Município de Redenção-PA.** 2005. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto: o caminho do futuro.** Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GLIESSMAM, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** 3.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

GUEDES, E.M. DA SILVA. **Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo argiloso e produção de soja em sistemas de manejo, no Município de Paragominas/PA.** Elaine Maria Silva Guedes.- Belém, 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

GUEDES, F.M. **Informações sobre formações de pastagens consorciadas em unidades montanhosas. II Curso sobre biologia do solo na agricultura.** EMBRAPA-CNPBS (Documento 8). P. 25-28. 1992

HOLANDA, F. S. R.; MENGEL, D. B.; PAULA, M. B.; CARVALHO, J. G.; BERTONI, J. C. **Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in the soil profile.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v. 29, n. 15/16, p. 2383-2394, 1998.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pa>>. Acesso em: 29/10/2012.

KLAR, A.E. (1984). **Água no sistema solo-planta-atmosfera.** Ed. Nobel, São Paulo. 408 p.

LANGE, A. **Palhada e nitrogênio afetando as propriedades do solo e rendimento de milho em sistema de plantio direto no cerrado, 2002.** 148f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2002.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo.** São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

PARÁ (Estado). **Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. Estatísticas Municipais. Mesorregião Sudeste Paraense. Paragominas.** 2012. Disponível em: <http://www.sepof.pa.gov.br/estatistica/ESTATISTICAS_MUNICIPAIS/Mesorr_Sudeste/Paragominas/Paragominas.pdf>. Acesso em: 29/10/2012

PIRES, F.R.; SOUSA, C. M.; QUEIROZ, D. M.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C. **Alteração de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agronômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto.** **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçoso–MG, v. 27; n. 1, p. 121–131, 2003

RALLY DA SAFRA 2012. **Uma viagem ao Brasil que Produz**. Agroconsult, 2012. 39p. Disponível em: <http://www.rallydasafra.com.br>. Acesso em: 30/10/2012.

RODRIGUES, T.E.; SILVA, R. das C.; SILVA, J.M.L. da ; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; GAMA, J.R.N.F.; VALENTE, M.A. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. (Doc. n 27).

RODRIGUES, T.E.; VALENTE, M.A.; GAMA, J.R.N.F.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; SANTOS, P.L.; SILVA, J.L. da. Zoneamento Agroecológico do Município de Paragominas, Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 64p, 1999, REINERT, D.J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris; Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo no sistema plantio direto. *Plantio Direto*, 4:25-44, 1997.

REINERT, D.J. **Recuperação de solos em sistemas agropastoris**; Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo no sistema plantio direto. *Plantio Direto*, 4:25-44, 1997.

SAS Institute Inc. SAS OnLine Doc, version eight. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999.

SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. **O meio ambiente e o plantio direto no cerrado**, Goiânia: APDC, 1997, p. 13-23.

SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; MELO, A. W. F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em Argissolos da Formação Geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 29-38, 2007.

SILVA, I.R.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.2, p.311-17, 1998.

SILVA, L.B. DA; MARTINS, P.F. DA SILVA. Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cafeeiro, variedade conilon, sob diferentes espaçamentos. **Revista de Ciências Agrárias**, v.53, n.1, p.96-101, Jan/Jun 2010

SEYBOLD, C.A.; HERRICK, J.E. & BREJDA, J.J. Soil **resilience: a fundamental component of soil quality**. *Soil Sci.*, 164:224-234, 1999.

SIDIRAS, N.; PAVAN, N. A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo no nível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 3, p. 181-184, 1986.

SILVA, R.S.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Comparação entre os métodos do cilindro e do torrão na determinação da porosidade e da densidade do solo**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.6, p.1065-1068, 2000

SIQUEIRA, G.M.; MIGUEL, F.R.M.; GREGO, C.R.; XAVIER, M.A.; VASCONCELOS, A.C.M.; VIEIRA, S.R. Compactación del suelo y desarrollo de raíces de caña de azúcar (*saccharum officinarum* L.). **In: CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO**, 20., 2006, Salta-Jujuy. Anais... Salta-Jujuy: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 2006. CD-ROM.

SUDAM. Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. **Atlas climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém, (Brasil, SUDAM. Publicação, 39). 125 p. 1984.

VIEIRA, L.S.; OLIVEIRA, N.V. de C. e. Os **solos do Estado do Pará**, Belém: Instituto do Desenvolvimento Econômico Social do Pará, 1991.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. **Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 873-882, 1984.

VELOSO, C.A.C.; BOTELHO, S.M.; OLIVEIRA, R.F. de. **Amostragem de Solo para Análise Química**. ISSN 1517-2244 Dezembro, 2004 Belém, PA. Comunicado técnico 131.