



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

**FATORES CONDICIONANTES DA AGREGAÇÃO EM SOLOS SOB
DIFERENTES USOS E DESENVOLVIMENTO PEDOGENÉTICO**

JOSÉVALDO RIBEIRO SILVA

Areia - PB

2015

JOSÉVALDO RIBEIRO SILVA

**FATORES CONDICIONANTES DA AGREGAÇÃO EM SOLOS SOB DIFERENTES
USOS E DESENVOLVIMENTO PEDOGENÉTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
da Paraíba como requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira

Areia - PB

2015

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

S586f Silva, Josévaldo Ribeiro.

Fatores condicionantes da agregação em solos sob diferentes usos e desenvolvimento pedogenético / Josévaldo Ribeiro Silva. - Areia: UFPB/CCA, 2015. 42 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.

Orientador: Flávio Pereira de Oliveira.

1. Atributos físicos do solo 2. Práticas de manejo 3. Estrutura do solo I. Oliveira, Flávio Pereira de (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.4

JOSÉVALDO RIBEIRO SILVA

**FATORES CONDICIONANTES DA AGREGAÇÃO EM SOLOS SOB
DIFERENTES USOS E DESENVOLVIMENTO PEDOGENÉTICO**

Aprovado em: 11 de Dezembro de 2015

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Flávio Pereira de Oliveira, Dr.
DSER/CCA/UFPB
ORIENTADOR

Luiz Cláudio Nascimento dos Santos, Msc.
DOUTORANDO PPGA/FCAV/UNESP
EXAMINADOR

Robeval Diniz Santiago, Msc.
DSER/CCA/UFPB
EXAMINADOR

Aos meu pais João Batista e Maria Josefa, por terem sempre me apoiado na trajetória de toda minha vida, concedendo-me o necessário para vencer qualquer obstáculo.

DEDICO

A Deus, por estar sempre em minha vida, me protegendo, guiando e concedendo vitórias.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, pois se cheguei até aqui foi porque Ele permitiu e concedeu a força que eu precisava.

Aos meus pais, que nunca mediram esforços para que esse dia chegasse e vissem seu filho se tornar um engenheiro agrônomo.

A minha melhor amiga, companheira, cúmplice, namorada, Caline, que me ouviu, me aconselhou, me acalmou e me deu sempre o “up” necessário para batalhar e conseguir o que eu queria.

A minha irmã, Jéssica, que sempre me apoio em minhas escolhas dando conselhos e ponderando sobre o que seria melhor para mim.

Aos meus companheiros de lar, minha família em Areia, João Pedro, Ricardo, Alex, Jaime, Neto, por todos os momentos vivenciados, por toda a ajuda, todo companheirismos, na seca ou na chuva (simulada ou natural!), por tornarem a vida nesses anos de curso mais divertida com tantas aventuras.

A minha amiga Izabela Thaís, a quem eu chamo de minha primeira orientadora, por ter me dado um norte no início da minha caminhada na universidade.

Aos amigos Ernandes e Antonio Neto, pela parceria sempre forte nos trabalhos, estudos, enfim, verdadeiros amigos no desenrolar do curso.

Ao meu amigo Luiz Cláudio, o Mancha, que além de ter me recepcionado na chegada em Areia e sempre ter dado toques importantes na vida acadêmica, está na minha banca examinadora.

Ao professor Flávio Pereira de Oliveira, pela parceria desses mais de três anos, sempre com muito respeito, consideração e confiança me orientando na vida científica.

A Robeval, ou melhor, Vaval, técnico do Laboratório de Física do Solo que se tornou grande amigo e está na minha banca examinadora.

A todos da minha turma, aqueles de chegaram em 2011.1 no curso de agronomia da UFPB e junto comigo passaram noites estudando, dividiram sorrisos e também preocupações.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO GERAL.....	2
2.1. Objetivos específicos	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1. Solos do Nordeste.....	3
3.1.1. Solos da Paraíba.....	4
3.1.2. Latossolo Amarelo.....	4
3.1.3. Neossolo Regolítico	5
3.2. Atributos físicos como indicadores de qualidade do solo	6
3.2.1. Agregação do solo	9
3.3. Uso do solo	10
3.3.1. Solo cultivado	11
3.3.2. Solo sob pastagem.....	12
3.3.3. Solo sob vegetação nativa	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Localização e amostragem do solo	15
4.2. Caracterização física do solo	16
4.2.1. Análise granulométrica do solo	16
4.2.2. Argila dispersa em água e Grau de floculação.....	16
4.2.3. Densidade do solo, partícula e porosidade total.....	16
4.2.4. Estabilidade dos agregados	17
4.3. Caracterização química do solo	17
4.4. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1. Caracterização física do solo	19
5.2. Caracterização de química e fertilidade do solo.....	27
6. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Histórico e descrição dos usos das áreas experimentais estudadas no Latossolo Amarelo distrófico e Neossolo Regolítico distrófico	15
Tabela 2.	Análise granulométrica, argila dispersa em água, grau de floculação e classificação textural da camada superficial	21
Tabela 3.	Densidade do solo, de partículas e porosidade total de áreas na camada superficial do solo	23
Tabela 4.	Macro e microagregados obtidos por peneiragem via seca e úmida para solo sob diferentes condições de uso	25
Tabela 5.	Diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPAs) e úmida (DMPAu) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) em solo sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem	27
Tabela 6.	Valores médios dos atributos químicos de solos sob diferentes condições de uso	29
Tabela 7.	Valores do complexo sortivo do Latossolo Amarelo e Neossolo Regolítico, sob diferentes condições de uso e profundidades	31
Tabela 8.	Valores referentes ao fracionamento da matéria orgânica do solo	32

SILVA, J. R. **Fatores condicionantes da agregação em solos sob diferentes usos e desenvolvimento pedogenético**. Areia: UFPB, 2015. 42 f. (Monografia – Curso de Agronomia).

RESUMO

A agregação do solo define a interação entre o tamanho, forma e arranjo das partículas sólidas e espaços porosos do solo, sendo uma característica dinâmica e associada aos fatores físicos, químicos e biológicos, ou seja, demonstrando quão o solo é receptível a fragmentações seja por modificações físicas, como a erosão, químicas como a ação de elementos químicos ou ainda biológica com a atividade dos seres que habitam o ambiente edáfico. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar como a agregação do solo se comporta de acordo com fatores físicos e químicos de em um Latossolo Amarelo e um Neossolo Regolítico sob diferentes condições de uso. Amostras indeformadas de solo foram coletadas na camada de 0-10 e 10-20 cm de profundidade em um Latossolo Amarelo e um Neossolo Regolítico sob três condições de uso (mata nativa, pastagem e cultivada). Foram realizadas caracterizações físicas determinando a textura do solo, densidade do solo e de partículas, porosidade total, estabilidade de agregados e caracterização de química determinando-se pH (H₂O); P; K⁺; Ca²⁺; Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis; carbono orgânico além de algumas relações estabelecidas. O tipo de solo com maior quantidade de argila foi o Latossolo o qual condicionou maior grau de floculação, menores valores de argila dispersa e por tanto maior agregação, especificamente na condição sob mata nativa, observando-se maiores valores de diâmetro ponderado de agregados e por consequência maior índice de estabilidade de agregados. O Latossolo Amarelo apresentou melhor condição de agregação representados pelos atributos físicos e maiores valores dos elementos químicos da série flocculante, como o cálcio, potencial de acidez, magnésio e principalmente a matéria orgânica, que são condicionantes da agregação.

Palavras chave: Atributo físicos do solo, práticas de manejo, estrutura do solo.

SILVA, J. R. **Conditioning factors of the aggregation in soil under different uses and pedogenetic development.** Areia: UFPB, 2015. 42 f. (Monografia – Curso de Agronomia).

ABSTRACT

The soil aggregation defines the interaction between the shape, size and arrangement of the solid particles and porous space of the soil, been a dynamic characteristic and associated with the physical, chemical and biological factors, in other words showing how the ground is susceptible to fragmentation by physical changes, such as erosion, chemical as the action of chemical elements or biological activity with the beings that inhabit the soil environment. With this, the objective of this study was to evaluate the soil aggregation behavior according to physical and chemical factors of soil under different land use conditions in a Oxisol and Entisol. Undisturbed soil samples were collected at 0-10 and 10-20 cm deep in a Oxisol and Entisol under three conditions of use (native forest, pasture and cultivated). Determining the physical characterizations were performed soil texture, soil and particle density, porosity, aggregate stability and chemical characterization by determining pH (H₂O); P; K⁺; Ca²⁺; Mg²⁺ and Al³⁺ interchangeable; organic carbon and some of its established relationships. The type of soil with higher clay was the Oxisol which conditioned greater degree of flocculation, lower clay dispersion values and therefore higher aggregate specifically provided under native forest, observing higher weighted diameter values of aggregates and consequently greater aggregate stability index. The Oxisol showed better aggregation condition represented by the physical properties and higher values of the chemical elements of the flocculating series, such as calcium, potential acidity, magnesium and especially the organic matter, which is a determinant of aggregation.

Keywords: Soil physical attributes, management practices, soil structure.

1. INTRODUÇÃO

A agregação do solo define a interação entre o tamanho, forma e arranjo das partículas sólidas e espaços porosos do solo, sendo uma característica dinâmica e associada aos fatores físicos, químicos e biológicos, ou seja, demonstrando quão o solo é receptível a fragmentações seja por modificações físicas, como a erosão, químicas como a ação de elementos químicos ou ainda biológica com a atividade dos seres que habitam o ambiente edáfico (Prevedello et al., 2014), por tanto é necessário conhecer os fatores a que condicionam, dentre eles se encontra a gênese do solo (Ribeiro et al., 2003) e a perspectiva de como o atributo agregação se comporta em solos mais ou menos desenvolvidos e nessa temática como a utilização do solo pelo homem influencia no corpo edáfico.

O conhecimento da agregação do solo proporciona norte para definição do melhor método de manejo a se utilizar, respeitando assim a capacidade do mesmo em proporcionar ambiente sustentável, buscando sua conservação e a melhor qualidade dos seus atributos (Silva & Mielniczuk, 1998). Nessa temática são verificados diversos fatores que influenciam na agregação, que vai desde a argila, e qual a constituição dessa e se a mesma é ativa, óxidos de ferro e alumínio, ou seja, a influência da gênese do solo, os elementos químicos constituintes do complexo sortivo do solo os quais garante condicionamento pela sua interação eletrostática, a matéria orgânica, que é o fator mais imponente na característica de agregação do solo uma vez que a mesma proporciona interações de organismos no ambiente edáfico capazes de promover melhoria na estrutura física (Costa Junior et al., 2012), entre outros, e como influência de uma maior agregação tem-se nos demais atributos como aumento da porosidade, melhor infiltração, menor densidade aparente (Carneiro et al., 2009; Flores et al., 2007)

De frente a temática do atributo físico de agregação do solo e sua importância quanto ao manejo e as relações com a mecânica solo, a presente pesquisa traz como hipóteses se a condição de uso interfere na qualidade física e química do solo e se os diferentes níveis de desenvolvimento pedogenéticos e condições de uso têm influência direta na agregação do solo. Deste modo servindo como referência para o uso sustentável do solo, buscando sua conservação e máxima qualidade de seus atributos.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar os fatores condicionantes da agregação em solos sob diferentes usos e desenvolvimento pedogenético

2.1. Objetivos específicos

- Analisar a agregação em solos sob vegetação nativa, cultivada e área descoberta;
- Realizar a determinação de atributos físicos em Latossolo Amarelo e Neossolo Regolítico.
- Averiguar como os atributos de química influenciam na agregação do solo;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Solos do Nordeste

A região nordeste do Brasil possui área de 1.561.177,8 km², correspondendo a 18,26% da área territorial do país, como relevo a região é formada por extenso planalto, antigo e aplainado pela erosão, o clima é bastante diversificado com climas chuvosos nas regiões costeiras, que apresentam precipitação anual superior a 1.500 mm e nas regiões semiáridas, com precipitação anual acumulada inferior a 500 mm, sendo acometida de eventos de grande intensidade pluviométricas, com grandes cheias, quanto de períodos de baixa intensidade na escala climática, que são as secas, sendo que os regimes de chuvas é heterogêneo tanto de forma espacial quanto temporal (Oliveira, 2011).

Diante do exposto é notório que essa região é berço de diversos tipos de solos (Embrapa, 2014), desde os desenvolvimentos mais principiantes como os de maior grau, os solos do Nordeste brasileiro se agrupam em duas sub-regiões, o que se relaciona diretamente com o clima, uma delas corresponde a maior parte do Piauí e Maranhão e a costa do Rio Grande do Norte até o sul da Bahia, predominando clima úmido e vegetação de floresta, seus solos são relativamente profundos e com altos teores de ferro e alumínio, a outra sub-região corresponde ao polígono das secas com solos ricos em elementos minerais, rasos e com restrições ao seu uso pela seca e excesso de sais (Gonçalves, 1982). Quanto a presença de solos em relação ao relevo, os solos rasos se apresentam em regiões de declives acentuados, os solos de profundidade medianamente rasa, são encontradas em locais com relevo intermediário e como características apresentam grande quantidade de pedras e cascalhos na sua superfície, nas baixadas são encontrados os solos salinos, aluviais e slickensides. É verificado que os solos das regiões áridas e semiáridas, são salinos e alcalinos ou sódicos (halomórficos) devido às altas taxas de evapotranspiração e à baixa pluviosidade, o que acarreta altos teores de sais solúveis (Embrapa, 1999).

As classes de solo apresentadas no Nordeste com maior representação é o Latossolo, em porcentagem abrange 29,5% da região, os Neossolos se apresentam em 24,0%, Argissolos com 16,7%, Luvisolos em 8,7%, Planossolos com 7,3%, Plintossolos com 6,3%, Cambissolos com 3,4%, demais classes se apresentam em 3,2% e 0,9% estão representadas as águas e dunas (Embrapa, 2014).

3.1.1. Solos da Paraíba

O estado da Paraíba tem, de acordo com o IBGE, uma área territorial de 56.469,744 km², grande parte deste está sob regime do polígono das secas, o que corrobora mencionar que o clima é caracterizado por possuir um período chuvoso e outro seco. Isto, como já mencionado, é fator determinante para a formação de solos e visto que há uma diversidade climática, são observadas diversas classes de solo.

São encontradas no estado cerca de 16 classes de solo, sendo as classes mais representativas compostas por Luvisolos Crômico Órtico típico com 25,95%, Neossolos com 39,11% e Argissolos com 14,36% (Brasil, 1972). Diante da informação é possível observar que o estado da Paraíba possui solos em diferentes graus de desenvolvimento pedogenético, que vai desde Neossolos até Latossolos.

3.1.2. Latossolo Amarelo

O termo “Latosol”, deriva de “laterite” e “solum”, palavras de origem latina, que significam tijolo e solo, foi proposto pelo pedólogo americano Charles E. Kellog, em uma conferência americana sobre classificação de solos realizada em Washington em 1949 (Ségalen, 1994).

De acordo com Embrapa (2006), são solos minerais, não hidromórficos, em avançado estágio de intemperização, perfis com cor e textura homogêneos e imediatamente abaixo do horizonte superficial A, apresentam horizonte Bw, indicando avançado estágio de intemperização. Geralmente são solos fortemente drenados, profundos, com sequência de horizontes A, Bw e C, pouco diferenciados. O horizonte Bw apresenta cores variando do amarelo ao vermelho, com ocorrência de cores brunadas e acinzentadas. Possuem boa estrutura física, no entanto de baixa fertilidade (Cardoso et al., 2009).

Sendo amplamente encontrados por diversas regiões do Brasil, os Latossolos Amarelos, possuem relevante presença e abrangência nas planícies costeiras e amazônicas desenvolvendo-se a partir de sedimentos do Grupo Barreiras (Plio-pleistoceno) e Formação Alter do Chão (Cretáceo), apresentam-se como solos profundos, amarelos, com matizes do horizonte B entre 7,5YR e 10YR, caulíníticos de textura com extremos de argila que vão de 15 a 95% (Rodrigues, 1996). A

coesão é uma das características mais marcantes dos Latossolos Amarelos, sendo vislumbrada nos horizontes A e B, este atributo era requisito para a classificação dessa classe de solo, no passado, como Latossolo Vermelho Amarelo coeso em vários estados do país (Jacomine, 1996).

O Latossolo Amarelo possui textura de solo variando de franco-arenosa até muito argilosa, a consistência no estado úmido varia de friável a muito friável e no seco tem variação mais comum de ligeiramente dura a dura, quando solo está molhado, dependendo da textura, em suma, a consistência varia normalmente de ligeiramente plástica a plástica, e de ligeiramente pegajosa a pegajosa (Araújo Filho et al., 2000).

Quanto a suas limitações de utilização na agricultura, se arremete segundo Santos et al. (2015), a problemas de compactação, o enraizamento é limitado em profundidade por ser álico ou distrófico, ou seja, de fertilidade química reduzida e também devido à elevada coesão dos agregados, que por sua vez dão a característica de dureza a esse solo quando o mesmo está seco o que acarreta na dificuldade de penetração radicular.

3.1.3. Neossolo Regolítico

O prefixo “neo”, do gregonéos, que quer dizer novo, os Neossolos são considerados solos jovens.

São solos minerais ou orgânicos pouco desenvolvidos, com ausência do horizonte B diagnóstico, sem atender aos requisitos para as classes dos Chernossolos, Vertissolos, Plintossolos, Organossolos ou Gleissolos, por seu subdesenvolvimento possui baixa atuação dos processos pedogenéticos e por características dos materiais de origem, assim geralmente são encontrados horizontes A, C e R (EMBRAPA, 2006). De acordo com Oliveira (2008), seu menor desenvolvimento não está apenas ligado aos seus fatores de origem, mas também ao relevo e clima que conjuntamente ou isoladamente atuam no processo.

Conforme o SiBCS, os Neossolos são subdivididos em quatro subordens: Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Quartzarênicos. Os Neossolos Regolíticos são solos com contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm e horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr, admitindo horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura, possuem erodibilidade

elevada, baixa retenção de água e permeabilidade elevada. Na presença do horizonte fragipã, favorece a manutenção da água no solo por mais tempo.

Por esses solos possuem baixa intensidade de processos de intemperização, geralmente possuem textura arenosa, assim podem ser considerados ecologicamente muito frágeis, e o uso agrícola destes deveria ser evitado (Zuo et al., 2008). De acordo com Santos & Zaroni (2015), o uso destes solos deve ser restringido quando estiverem próximos aos cursos d'água ou área de preservação das matas ciliares. Os Neossolos mais rasos apresentam, em locais de relevo acidentado, fortes limitações para o uso agrícola, justificado pela dificuldade à mecanização e à forte suscetibilidade aos processos erosivos, isto está em conformidade ao descrito por Silva et al. (2013), que diz serem esses solos de boa fertilidade natural, por se tratarem de ambiente rico em minerais primários facilmente intemperizáveis tornando um reservatório de nutrientes, com predominância de potássio, cálcio e magnésio, no entanto com limitações sendo a matéria orgânica e a capacidade de retenção de água muito baixas, alta susceptibilidade a erosão hídrica, dificuldade de mecanização e a baixa profundidade.

3.2. Atributos físicos como indicadores de qualidade do solo

Sendo de suma importância para qualquer tipo de utilização do solo (Oliveira, 1992), ou seja, desde o uso na agricultura, assim como na construção e demais processos, o conhecimento inerente aos atributos físicos do solo ditam sua qualidade para tais finalidades.

A física do solo é dependente de diversos fatores, sendo eles ligados aos próprios fatores de formação do solo, ou seja, material de origem, clima, relevo, organismos e tempo, sendo assim dizer que a pedogênese é marco para o uso dos solos (Lepsch & Gavriloff, 1976).

Quando se arremete a atributos físicos é fácil se pensar no solo como um elemento rígido, porém de grande complexidade e ainda mais podendo-se dizer que estes possuem grande sensibilidade a alterações, o que corrobora com as mais diversas modificações causadas pelo manejo a qual o profissional utilizador do solo o impõe (Albuquerque et al., 2001), ocorrendo efeitos sobre os atributos físicos, de acordo com o preparo de solo adotado em cada sistema de manejo, explicados pelo trânsito de máquinas, tipo de equipamento utilizado, intensidade de revolvimento,

das condições de umidade do solo e manejo de resíduos vegetais no momento do preparo (Costa et al. 2006), sendo assim a quantificação e a compreensão do impacto dessas práticas, sobre a qualidade física do solo, são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (Dexter & Youngs, 1992).

Para o estudo da qualidade física do solo, são levantadas diversas informações sobre parâmetros e um elevado número de análises como densidade do solo, densidade de partículas, determinação granulométrica, estabilidade de agregados, porosidade, curva de retenção, permeabilidade entre outros, com posse dessas informações pode-se entender a dinâmica da mecânica desse sistema, onde os principais indicadores físicos de qualidade de solo sob o ponto de vista agrícola, estão a textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão da água e sistema de cultivo (Gomes & Filizola, 2006). Ao se realizar o manejo sustentável do solo ou ainda quando o profissional da área agrícola vai analisar um determinado solo, ele tem esses parâmetros como o cartão de visita, ou seja, um solo com alta densidade, baixa porosidade, baixa agregação, com o conjunto de demais fatores interagindo entre si, dificilmente será ambiente auspicioso para o pleno desenvolvimento das culturas, isso pois as características físicas do solo são interdependentes a modificação de uma delas acarreta na modificação de todas as demais (Vieira, 1985).

A densidade é um dos parâmetros de maior facilidade de visualização assim como de determinação, conhecida também como densidade global, é atributo que pode dizer muito a respeito da natureza do mesmo, uma vez, como já citado, os atributos estão interligados e a modificação de um, altera a condição do outro e portanto a densidade é mais facilmente alterada, ainda segundo Souza et al. (2005), o aumento excessivo da densidade do solo acarreta diminuição do volume total de poros, redução da permeabilidade e da infiltração de água, quebra dos agregados e aumento da resistência mecânica à penetração. A densidade do solo é calculada pela relação entre a massa do solo seco e o volume total, ela é dependente de diversos fatores, tais como a quantidade de matéria orgânica presente no solo, textura, método de manejo que aborda a movimentação de máquinas e animais, assim como o revolvimento provocado pelos mesmos. (Corsine e Ferraudó ,1999; Silva et al., 2000). Sendo consideradas como ideais densidade em torno de 1,3 a 1,6 g/cm³ para solos arenosos, valores de 0,9 a 1,1 g/cm³ para solos argilosos e 1,1 a

1,5 g cm⁻³ para solos siltosos, levando-se esses valores como referência para a maioria dos solos, quando o valor desse parâmetro está acima dos indicados, se torna crítico e pode indicar compactação na área. O conceito de um valor crítico de densidade do solo no qual o crescimento de raízes é prejudicado, tem sido abordado por Thompson et al. (1987) e Hakansson & Voorhees (1997) como o melhor parâmetro físico que caracteriza o crescimento de raízes em solos compactados. O aumento da densidade do solo é muito facilmente determinado pelo tipo de cultivo indicando formação de camadas compactadas, classificadas segundo índices de compactação (Singh et al., 1982). Os sintomas da compactação podem ser observados na planta e no próprio solo, sendo estes a formação de crosta superficial, fendas nas marcas das rodas do trator, zonas compactadas de subsuperfície empoçamento de água, erosão excessiva pela água e presença de restos de resíduos não decompostos meses após a incorporação (Camargo et al., 1997).

A densidade de partículas, se referencia diretamente ao material de origem do solo, geralmente seu valor encontrado é de 2,65 g/cm³, não sendo muito passível de modificação em curtos períodos de tempo.

A textura é um parâmetro que demonstra a natureza granulométrica do solo, ou seja, quanto o mesmo detém de areia, silte e argila, sua alteração ocorre apenas quando a erosão acelerada é o processo de degradação predominante (Gomes & Filizola, 2006), no campo a sua determinação é realizada pela sensação que o solo molhado e amassado oferece ao tato, assim a textura é feita por estimativa, esfregando uma massa de solo úmida e homogeneizada entre os dedos já no laboratório é realizada a análise granulométrica. A textura influencia diretamente em parâmetros químicos do solo, como na capacidade de troca catiônica e também nos teores de P e Ca, ou seja, na disponibilidade de nutrientes para os vegetais (Corá e Beraldo, 2006), em termos práticos ainda pode-se visualizar que é grande indicador de manejo do solo, pois a partir do seu conhecimento, são indicadas ou não algumas práticas, como exemplo na confecção de curvas de nível, uma vez que o maior ou menor distanciamento das mesma está relacionada em proporcionar a menor perda de solo possível, deste modo temos que quanto mais arenoso, menor será a distância entre as curvas e vice-versa por causa da agregação do mesmo e sua resistência a perda de material, ainda pode-se relacionar sua influência no manejo de irrigação, pois solos com diferentes quantidades de argila têm também

diferenciadas capacidades de retenção de água (Ribeiro et al., 2003). Essas características supracitadas relacionadas com a textura, tem sua justificativa relacionada as cargas das partículas, sabe-se que a propriedade elétrica de um solo predominantemente argiloso é diferente de um arenoso, o que por fim influencia fortemente nas demais características do solo (Casagrande et al., 2003). Em suma pode-se dizer que a textura influencia na retenção, movimento e disponibilidade de água, arejamento, disponibilidade de nutrientes, resistência à penetração de raízes, estabilidade de agregados, compactabilidade dos solos e erodibilidade.

A porosidade é determinada como os espaços do solo que estão preenchidos por água ou ar, para se levar em consideração esse parâmetro, deve se observar a teoria do solo fisicamente perfeito, onde o mesmo seria composto de 50% em fração mineral, 25% de ar e 25% água, fechando o solo como o sistema trifásico. Assim temos que a porosidade é característica primordial para o estudo da qualidade do solo, ela é fortemente relacionada aos demais atributos (Flores et al., 2007). A porosidade se divide em macroporosidade e microporosidade, o primeiro se diferencia do segundo por seu diâmetro e sua capacidade de retenção de água. É notória a relação de que quanto maior a densidade do solo, menor a sua porosidade (Souza et al., 2005), assim como um solo argiloso possui grande quantidade de microporos em relação a um arenoso, mais esta situação vai ser dependente por sua vez da existência de um agente cimentante o que já a relaciona a estabilidade de agregado, ou seja, corroborando com a afirmativa da inter-relação entre esses atributos. É ainda a partir da porosidade que ocorre a circulação de oxigênio necessária a maioria dos sistemas radiculares dos vegetais (Grable & Siemer, 1968).

3.2.1. Agregação do solo

A agregação do solo é outro parâmetro que corresponde ao estado de resistência aos impactos ou ainda na deformação das suas estruturas, assim tem-se que os fatores que influenciam na formação dos agregados são cátions, matéria orgânica, sistema de cultivo e sistema radicular e microrganismos. A matéria orgânica contribuindo com seus coloides que atuam como agentes agregantes (Stone & Silveira, 2001), em relação aos cátions, estes estão relacionados aos coloides minerais presentes mais assiduamente em solos com elevada porcentagem de argila em sua textura. As raízes das plantas estimulam a agregação do solo pela

formação de uma alta população microbiana na rizosfera assim como também pelo suprimento de resíduos orgânicos, esse são fontes ativas de exsudatos orgânicos, os quais são os prováveis agentes efetivos na estabilização de agregados (Oades, 1984); por envolverem fisicamente os microagregados do solo, formando e estabilizando os macroagregados, promoverem a reorientação e aproximação dos microagregados pela sua expansão e dessecação localizados, e por consequência aumentando a estabilidade dos agregados (Silva & Mielniczuk, 1998). Quanto ainda ao sistema de cultivo, este influencia no incremento de matéria orgânica, no revolvimento, ou seja, influencia de forma direta na estabilidade de agregados.

3.3. Uso do solo

O solo se concretiza como verdadeiro recurso para o desenvolvimento e sustentação dos organismos vivos na terra, seja sua utilização destinada à agricultura, construção civil, mineração, entre outros, de tal maneira que estudos acerca de como tais utilizações o afetam se fazem necessários para que este recurso seja manejado de forma sustentável e prolongue sua capacidade.

O conhecimento da agricultura foi sem dúvida a maior evolução da humanidade, pois possibilitou o fim do nomadismo e consequente início do sedentarismo, a partir daí grandes civilizações foram criadas e cidades construídas. Para atender a demanda crescente da população, foram realizadas grandes construções e se concretizou cada vez mais o uso indiscriminado da terra, consoante esse panorama, o solo começou a ter seus recursos ameaçados à escassez, a produção não era mais a mesma, ou seja, ocorreu o desgaste físico, químico e biológico do solo. Decorrente ao exposto, foi verificada a necessidade de conservação do solo, visto que este não se constituía em um recurso infinito, a partir desse ponto ocorreu o processo que é chamado de 1ª Revolução Agrícola, onde passou-se a ser utilizada a rotação de culturas com plantação de plantas forrageiras (gramíneas e leguminosas), adubos orgânicos, entre outros (Ehlers, 1994; Veiga, 1991).

No final do século XIX e início do XX, foram feitas diversas descobertas (NPK, genética, máquinas e motores a vapor), o que levou ao abandono das práticas antigas, e ao início da agricultura industrial, levando a fase que ia ser

chamada de 2ª Revolução Agrícola, onde se concretizou a famosa revolução verde, esta foi responsável pela implantação de variedades de trigo, arroz e milho, entre outras com alta resposta a insumos, além do desenvolvimento de novas técnicas de irrigação, uso de fertilizantes químicos (mais abundante e baratos) e defensivos agrícolas (Mazzoleni & Nogueira, 2006).

Diante dos eventos à frente da agricultura mundial, se estabeleceu o paradigma da agricultura tradicional VS convencional tendo como seguintes características:

- Agricultura Tradicional → policultivo, tração animal, sementes crioulas, adubos orgânicos, mercado interno e rotação de culturas.
- Agricultura Convencional → monocultura, motomecanização, sementes híbridas, defensivos agrícolas, adubos químicos e mercado externo.

No entanto, esse sistema minou suas próprias bases, o processo de produção não priorizava a conservação, dessa maneira não era renovável e por este motivo foi sendo posto cada vez mais em cheque, os métodos utilizados estavam deixando a produtividade cada vez mais estagnada. Se formou o maior dilema da agricultura moderna que é: como ser sustentável sem deixar a produtividade cair (Paulus, G, 1999). É nessa temática que o manejo de solo se apresenta como ponto chave para uma agricultura sustentável, ter o conhecimento do que ocorre nos seus atributos em cada condição de uso se torna artifício agregado ao melhor método a se utilizar no seu manejo.

3.3.1. Solo cultivado

Nesta condição de uso, está situado o mais abrangente ponto de vista de alterações recorrentes na estrutura do solo, como na maioria de sua ocorrência é utilizado o manejo convencional, se tem a aragem e a gradagem como passos essenciais, no entanto se verifica que esse manejo possibilita menor proteção e por consequência maiores perdas de solo e diminuição da qualidade do mesmo.

Alterações na estrutura natural são facilmente verificadas quando um solo começa a ser cultivado, é verificada redução de 40 e 73% na infiltração acumulada

durante um ano de cultivo comparado a uma área sob floresta, isso justificado por essas alterações, mais precisamente na superfície, ocasionadas pela energia cinética das gotas de chuva que produzem selamento, reduzindo a infiltração acumulada e a taxa de infiltração (Souza & Alves, 2003). A movimentação de maquinário e implementos é outro fator que intensifica as modificações, a evolução rápida de extensas áreas mecanizadas, sem o manejo adequado, acelera o processo erosivo ocasionado, potencialmente, pela pulverização do solo, ou seja, desagregação do mesmo, que aumenta a exposição dos compostos orgânicos, e pelo favorecimento de condições para a formação de uma zona compactada abaixo da camada arada (Costa et al., 2006; Vieira & Muzilli, 1984). A intensa movimentação ainda provoca modificações nos valores de densidade do solo, influenciando diretamente na resistência à penetração, na porosidade total, na distribuição do diâmetro dos poros e sua porosidade de aeração, afetando a dinâmica da água no seu perfil bem como a consistência e a máxima compactabilidade do solo.

O solo cultivado em sua grande maioria possui atributos de menores qualidades (Seguy et al., 1984), no entanto isso é diretamente influenciado pelo método de manejo utilizado, na tentativa de solucionar os problemas decorrentes do preparo convencional, surgiram os preparos conservacionistas, que proporcionam menor mobilização do solo e mantêm maior proteção da superfície com os resíduos culturais (Silva et al., 2000), o que proporcionam maiores teores de matéria orgânica que por sua vez contemplam os atributos físicos como condicionadores do solo, portanto a condição de uso pode ser manejado de forma sustentável buscando técnicas de conservar suas estruturas e proporcionar maiores ganhos às culturas viabilizados pelas condições edáficas adequadas.

3.3.2. Solo sob pastagem

Ao se estudar solo sob pastagem de antemão tem-se a ideia que seus atributos físicos sofrem fortes alterações inerentes ao processo de cultivo das forragens assim como ao pisoteio animal e este é o principal motivo para redução da capacidade produtiva desses solos (Imhoff et al., 2000).

O pisoteio dos animais produzem alterações na densidade do solo, mais precisamente nos primeiros 6 cm de profundidade, acarretando em modificações

diretas em outros atributos, tais como a porosidade, resistência à penetração, entre outros. No entanto há demais fatores que condicionam a degradação dos atributos físicos do solo, como a textura da camada superficial do solo e a umidade no momento de pastejo além do manejo dos condicionadores do pastejo (Maciel, 2004). A carga estática exercida pelos bovinos é variável entre 112 e 165 KPa, aumentando com a movimentação do gado (Gaggero, 1998), diante do exposto tem-se o mais preocupante fator da condição do solo sob pastagem que é a compactação. De acordo com Dias Junior (2000), o manejo mais barato para o controle da compactação é sua prevenção, visto que ocorre a longo prazo (Dias Junior, 2000). Diante do exposto percebe-se que uma pastagem que não seja adequadamente manejada, além queda da produtividade, é causadora de custo para o produtor, caracterizando o estudo interdisciplinar das relação cultura-solo como imprescindíveis para impedir esse processo.

As pastagens também apresentam lado benéfico quanto a estrutura do solo, elas têm a capacidade de manter ou aumentar a quantidade de matéria orgânica do solo, Roscoe et al. (2001), verificaram que após 23 anos de cultivo de pastagem, no Cerrado, o carbono orgânico total (COT) nos primeiros 100 cm de profundidade não demonstrou diferença significativa, isso justificado pela alta produção de biomassa das pastagens tropicais, também foi possível observar grande aumento na concentração de COT em solos sob pastagem comparados com solos sob vegetação nativa de Cerrado, e em outros casos, que após 20 anos do plantio de *Pinus caribaea* em solos argilosos anteriormente ocupados por vegetação de Cerrado houve o restabelecimento do teor de carbono na superfície (0–30 cm), na região de Cerrado, as pastagens promovem a manutenção dos estoques de matéria orgânica do solo (MOS) inerentes às boas práticas de manejo, às vezes, permitem a estocagem de C no solo superior ao observado sob a vegetação nativa (Roscoe et al., 2006; Wilcke & Lilienfein, 2004). A grande maioria das forragens têm hábito decumbente, ou seja, formam verdadeiros tapetes sobre o solo interferindo na pressão de cisalhamento, pela cobertura e pelo travamento da superfície do solo propiciado pela parte aérea e pela grande quantidade de raízes, portanto as gotas de chuva que chegam ao solo encontram maior impedimento de promover a desagregação de partículas e seu eventual transporte pela enxurrada. Isso corrobora que essa condição de uso do solo muito embora tenha impactos nos

atributos físicos a ponto de alterá-lo negativamente, ainda é grande mantedor de sua integridade.

3.3.3. Solo sob vegetação nativa

Solo mantido em estado natural, sob vegetação nativa, apresenta características físicas, como permeabilidade, estrutura, densidade do solo e porosidade, adequadas ao desenvolvimento normal de plantas (Andreola et al., 2000). Nessa condição estima-se que as características físicas, químicas e biológicas estejam em constante equilíbrio favorecendo o ambiente edáfico com a promoção da qualidade nos seus atributos.

Os atributos físicos, como já mencionados anteriormente, são passíveis ao método de manejo empregado no solo, consoante essa informação, é possível idealizar o quão favorável ao solo é a vegetação. O maior agente responsável pela agregação do solo é a matéria orgânica, além dela ainda há a ação dos exsudados das raízes dos vegetais que tem papel de suma importância, suas maiores contribuições diretas estão na estabilidade de agregados, além de propiciar a porosidade e densidade, o que em interação direta influencia indiretamente todos os demais atributos. Portanto, o incremento de MOS contido nessa condição possibilita condições adequadas, uma estrutura de solo ideal permite um espaço poroso suficiente e contínuo para o movimento de água e gases e uma resistência do solo à penetração não impeditiva ao crescimento de raízes e da parte aérea da planta (Kopi & Douglas, 1991), apresentando características friáveis, de boa aeração, textura média, baixa densidade, se condicionando de uma forma geral o solo, além de ser fonte de microrganismos que são responsáveis pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo, exercendo influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais enriquecendo o ambiente edáfico (Matsuoka et al., 2003).

Em referência a condição sob mata nativa do solo e sua qualidade física, química e biológica, estão sendo desempenhados manejos conservacionistas como forma de propiciar condições favoráveis aos atributos, impedindo perdas de solo e maiores ganhos de produtividade das culturas, portanto o estudo dos indicadores de qualidade se faz necessário e a inovação tecnológica acerca dessa temática para atender cada vez mais a crescente demanda sobre os produtos cultivados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e amostragem do solo

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) no período de setembro de 2014 a maio de 2015.

Para a realização deste estudo foram selecionados dois solos em áreas de relevo suave, conforme o grau de desenvolvimento pedogenético, representativos do estado da Paraíba:

- **Mais intemperizado:** Latossolo Amarelo - Areia – PB
- **Menos intemperizado:** Neossolo Regolítico - Pocinhos– PB

Tabela 1. Histórico e descrição dos usos das áreas experimentais estudadas no Latossolo Amarelo distrófico e Neossolo Regolítico distrófico.

Condições	Descrição
Latossolo Amarelo	
Cultivada	Área cultivada por décadas com culturas como macaxeira, milho, feijão, braquiárias, fava.
Mata Nativa	Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012).
Pastagem	Área experimental para pastejo dos animais do centro de ciências agrárias e recoberta com <i>Brachiaria decumbens</i> .
Neossolo Regolítico	
Cultivada	Área com recente cultivo de milho, em fase de incorporação.
Mata Nativa	Vegetação de Savana Estépica arborizada (IBGE, 2012).
Pastagem	Área recoberta com <i>Brachiaria decumbens</i> , por mais de dez anos.

Amostras de solo indeformadas foram coletadas a campo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm de profundidade.

Em cada classe de solo foram selecionadas três áreas com diferentes condições de uso: I. Área sob mata Nativa, II. Área cultivada e III. Área sob pastagem.

4.2. Caracterização física do solo

4.2.1. Análise granulométrica do solo

A análise granulométrica dos solos amostrados foi realizada pela distribuição de diâmetro de partículas primárias, conforme o método do Densímetro (Hidrômetro de Bouyoucos) (Embrapa, 2011), usando hidróxido de sódio (NaOH-1N) como agente dispersante mais agitação mecânica.

4.2.2. Argila dispersa em água e Grau de floculação

A argila dispersa em água foi obtida por densimetria do solo, conforme o método de Bouyoucos (Embrapa, 2011), porém, sem o uso do dispersante químico.

O grau de floculação foi obtido da seguinte forma:

$$gf = \frac{Arg - Arg_{H_2O}}{Arg} \times 1000$$

Onde Gf é o grau de floculação (g/Kg), Arg é o teor de argila dispersa em hidróxido de sódio – NaOH (g kg⁻¹), e Arg_{H₂O} é o teor da argila dispersa em água (g kg⁻¹).

4.2.3. Densidade do solo, partícula e porosidade total

A densidade do solo e a densidade de partículas foram determinadas segundo metodologias descritas em Embrapa (2011). A densidade do solo teve como princípio a impermeabilização de um torrão ou conglomerado, feita com parafina fundida, de maneira a permitir mergulhá-lo em água ou outro líquido e determinar seu volume. Enquanto que, a densidade de partículas teve como

princípio a utilização da água destilada para medir o volume deslocado por uma massa conhecida de solo em um balão volumétrico de 100 ml.

A porosidade total foi estimada por meio da expressão:

$$Pt = [1 - (\frac{Ds}{Dp})]$$

Onde Pt é a porosidade total ($m^3 m^{-3}$), Ds é a densidade do solo ($g cm^{-3}$) e Dp a densidade de partícula ($g cm^{-3}$).

4.2.4. Estabilidade dos agregados

Para diâmetro médio ponderado por via seca (DMPAs) e separação dos agregados foram utilizadas amostras de aproximadamente 50 g de agregados com diâmetro inferior a 9,52 mm, passadas em peneiras de 2,00; 1,0; 0,50; 0,25; 0,106 e 0,053 mm de malha e um vibrador Produtest, durante um minuto (Silva & Mielniczuk, 1997). O diâmetro médio ponderado por via úmida (DMPAu) e a separação dos agregados por via úmida, foi orientada pela metodologia descrita por Tisdall et al. (1978), modificada por Carpenedo e Mielniczuk (1990), utilizando-se as mesmas malhas de peneira para a separação dos agregados secos. A partir da relação entre diâmetro médio ponderado dos agregados úmidos e o diâmetro médio ponderado dos agregados secos, se obteve o índice de estabilidade de agregados (IEA), segundo Silva e Mielniczuk (1997).

4.3. Caracterização química do solo

Os atributos químicos do solo foram determinados segundo os procedimentos descritos em EMBRAPA (2011), em amostras de solo destorroadas e passadas em peneira de 2,00 mm de diâmetro de malha para as seguintes determinações:

a) pH (H_2O): utilizou-se suspensão de solo-água na proporção 1:2,5, utilizando $10 cm^{-3}$ de terra fina seca ao ar (TFSA) e 25 ml de água destilada.

b) Fósforo (P): extraído com solução Mehlich-1 ($HCl 0,05 mol L^{-1} + H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}$) e determinado por espectrofotometria.

c) Potássio (K^+) e sódio (Na^+): extraídos com solução de Mehlich⁻¹ e determinado por fotometria de chama.

d) Acidez Potencial ($H + Al^{+3}$): utilizou-se como solução extratora o Acetato de cálcio a pH 7,0, titulados com hidróxido de sódio a $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ e a fenolftaleína a 10 g L^{-1} como indicador.

e) Alumínio (Al^{+3}): extraído com KCl 1 mol L^{-1} , titulado com hidróxido de sódio a $0,025 \text{ mol L}^{-1}$, e como indicador azul-de-bromotimol.

f) Cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}): extraídos com KCl 1 mol L^{-1} e determinados por complexometria com EDTA $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$, usando como indicador negro-de-ericromo-T. Já para a determinação do Ca^{+2} trocável, utilizou-se como indicador o ácido calgon carbônico.

g) Carbono orgânico (C.O.): obtido por oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio $0,167 \text{ mols L}^{-1}$ em meio sulfúrico, titulado com sulfato ferroso amoniacal $0,4 \text{ mol L}^{-1}$, e difenilamina a 10 g L^{-1} , como indicador de mudança de coloração (Yeomans & Bremner, 1988).

Foram obtidos também os valores de soma de bases, capacidade de troca de cátions; porcentagem de saturação de base e saturação por alumínio e sódio e algumas relações que serão estabelecidas.

4.4. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo

A avaliação da magnitude da proteção física da M.O foi realizada através da quantificação da matéria orgânica particulada (MOP) contida em agregados, após dispersão mecânica (por agitação ou sonicação) e separação por tamanho de partículas (método granulométrico).

A metodologia adotada foi descrita em Cambardella & Elliott (1992). Foram pesados 20 gramas de agregados, obtidos proporcionalmente das classes maior e menor que 2 mm, colocados em frascos de plástico e adicionados 60 ml de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}). As amostras foram agitadas durante 4 horas em agitador horizontal e a suspensão passada em peneira de 0,053 mm lavado em água corrente. O material retido na peneira foi seco em estufa a 50°C , em seguida será pesado, macerado e peneirado em peneira de 100 mesh, para determinação do teor do carbono orgânico particulado (COP). O carbono do material que ficou na peneira corresponde ao carbono orgânico particulado. O C associado aos minerais (CAM) será obtido por diferença entre o COT e COP.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização física do solo

Na Tabela 2, são apresentados os dados referentes a análise textural, com dados de areia, silte, argila, argila dispersa, grau de flocculação e classificação textural. Se verifica que os valores de cada fração de textura não variaram quanto a profundidade ou condição de uso. No entanto, foi verificada variação das frações da textura quanto ao tipo de solo, resultando em maiores teores de areia no Neossolo Regolítico (NR). Esse resultado está em contraste aos valores de argila, o qual possuiu seu maior valor no Latossolo Amarelo (LA). Esses dados estão em concordância com Vasconcelos et al. (2010) em seu trabalho com um Latossolo Amarelo, encontraram valores similares na textura de solo. Os resultados também corroboram com Melo Filho et al. (2006), em seu estudo sobre a fração argila de Latossolos da região sudeste, encontraram valores de textura próximos aos apresentados pela presente pesquisa. Melo et al. (2008) em seu trabalho acerca de propriedades físicas de um Neossolo da caatinga, verificou valores de textura que corroboram aos encontrados. No entanto, Rachwal et al. (2007) em seu trabalho sobre manejo de resíduos em diversos tipos de solos, obtiveram valores distintos aos dessa pesquisa, o que pode ser justificado no seu trabalho tenha sido realizado em área de relevo suave a fortemente ondulado influenciando nesse atributo. Diante dos expostos, tem-se a premissa que o LA, por ser mais intemperizado (Ker, 2013), tem maiores valores de argila, que por sua vez tem papel importante na agregação do solo. Já o NR, como solo mais jovem e, portanto, menos intemperizado, tem o menor valor de argila, sendo consideravelmente arenoso e conforme os resultados suas classificações foram Argilo arenosa e Franco arenosa, respectivamente para o LA e NR.

A argila dispersa (ADA) (Tabela 2), em água teve seu maior valor no NR, em média de 30 g kg^{-1} , sendo encontrado, maior valor na condição cultivada, seguida da condição sob mata nativa e com menor valor na sob pastagem. No LA, ADA teve seus valores distintos quanto as condições, a cultivada com maior valor apresentando 20 g kg^{-1} e as demais que resultaram em valores em torno de 5 g kg^{-1} . Esses dados concordam com Jackelaitis et al. (2008), em seu estudo sobre qualidade de solo em diferentes condições, observaram menores valores de ADA na

condição sob pastagem justificado pelo incremento da Matéria orgânica (MO) proveniente da forragem no solo referente. Para o parâmetro grau de floculação (GF) (Tabela 2), foi verificado seu maior valor no LA, onde na primeira camada a pastagem obteve o maior valor desse parâmetro seguido da condição mata nativa e cultivada, na camada subsuperficial, a condição sob mata nativa mostrou maior valor seguido das demais, ocorrendo aumento do GF em profundidade. No NR foi verificado maior valor de GF no solo sob pastagem e com incrementos de acordo com a profundidade, no entanto o contrário foi verificado para as condições cultivada e sob mata nativa em que houve decréscimo de GF com a profundidade, a condição sob mata nativa mostrou menor valor de GF na profundidade de 0-10 cm e a cultivada nos 10-20 cm. Os valores obtidos concordam ao encontrado por Brandão et al. (2006) na sua pesquisa acerca da resistência hidráulica de solos sob chuvas simuladas, onde encontrou valores em contrastes para Neossolo e Latossolo, ou seja, no primeiro observou maior valor de ADA e menor GF, dado implicado ao aporte de matéria orgânica e mineralogia no solo em questão, uma vez que o carbono orgânico do solo e a argila dispersa em água e argila devem estar associados, pois a MO é um dos fatores determinantes da agregação das partículas do solo proporcionando menor valor de ADA em solos com maiores quantidades de incrementos vegetais como é o caso do solo sob mata nativa e pastagem, o que se faz questionar se o aporte vegetacional da área mata nativa do NR está realmente promovendo incrementos de MO capazes de condicionar sumariamente a agregação.

Tabela 2. Análise granulométrica, argila dispersa em água, grau de floculação e classificação textural da camada superficial.

Condições	Classe Textural			Argila dispersa	Grau de Floculação	Classificação Textural
	Areia	Silte	Argila			
----- g kg ⁻¹ -----						
Latossolo Amarelo						
0 – 10 cm						
Cultivada	507	196	297	20	931	Argilo arenosa
Mata nativa	521	57	422	7	983	Argilo arenosa
Pastagem	510	105	385	5	985	Argilo arenosa
10 – 20 cm						
Cultivada	468	198	334	20	937	Argilo arenosa
Mata nativa	494	90	416	2	993	Argilo arenosa
Pastagem	459	108	433	5	988	Argilo arenosa

Neossolo Regolítico						
0 – 10 cm						
Cultivada	720	163	117	32	728	Franco arenosa
Mata nativa	797	86	117	30	726	Franco arenosa
Pastagem	779	47	174	27	832	Franco arenosa
10 – 20 cm						
Cultivada	753	126	121	37	675	Franco arenosa
Mata nativa	788	93	119	32	717	Franco arenosa
Pastagem	787	37	176	27	842	Franco arenosa

Na Tabela 3 é verificado os valores referentes a densidade do solo (Ds), densidade de partículas e porosidade total. A Ds apresentou menores valores na condição sob mata nativa em ambos solos e profundidade. Porém, seus menores valores absolutos foram verificados no LA. A condição cultivada desse solo demonstrou o maior valor entre suas condições. De acordo com Stone & Silveira (2001) o manejo incorreto de máquinas e equipamentos agrícolas leva à formação de camada subsuperficial compactada, promovendo maior valor de Ds. Segundo Tormena et al. (2002), verificaram que, dependendo do manejo empregado, na

profundidade de 10-20 cm poderá não haver influência do sistema de preparo. No NR, o solo da condição sob pastagem apresentou maior valor de Ds corroborando com Carneiro et al. (2009) em um estudo sobre atributos físicos de solo de cerrado, onde os mesmos verificaram maior densidade agregado ao solo sob pastagem justificado pelo pisoteio animal. Conforme Ferreira et al. (2014) elencam que nessa condição sempre há tendência de compactação, que pode ser agravada se não houver um correto pastejo, de tal forma que deve ser evitado uma carga animal excessiva na área. Os dados da pesquisa apresentaram valores menores que o índice crítico de $1,75 \text{ g cm}^{-3}$ para o crescimento radicular em Latossolos (Ramos et. al., 2010).

A porosidade total (Tabela 3) variou quanto ao tipo, condição e profundidade do solo. No LA, o solo sob a condição de mata nativa apresentou maior valor de poros nas duas profundidades seguido da condição sob pastagem na camada superficial e não havendo variação entre pastagem e condição cultivada na camada subsuperficial. No NR, foi verificada uma distinção quando a porosidade, visto que na camada superficial o solo cultivado apresentou maior valor do parâmetro seguido da condição sob mata nativa e de pastagem, já na camada subsuperficial o maior valor da porosidade pertence ao solo sob condição sob mata nativa seguido da condição cultivada e sob pastagem, ou seja, o solo sob pastejo teve menor número de porosidade, isso corrobora com Flores et al. (2007), em seu trabalho verificando atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura pecuária, observaram que o solo sem pastejo tem menor densidade e maior porosidade quando relacionado ao sob pastejo, isso relacionado ao tipo do solo e pressão de pastejo.

Solos que possuem maior agregação têm maior porosidade e menor densidade, sendo assim, estes fatores são indicadores da característica de agregação dos solos, de acordo com Tormena et al. (2002), a agregação influencia a porosidade uma vez que solos com grande valor de estabilidade de seus agregados tendem a preservar seus poros e por consequência diminuir seu valor de Ds.

Tabela 3. Densidade do solo, de partículas e porosidade total de áreas na camada superficial do solo.

Condições	Densidade		Porosidade Total
	Solo	Partícula	
	----- g cm ⁻³ -----		- m ³ m ⁻³ -
Latossolo Amarelo			
0 – 10 cm			
Cultivada	1,51	2,54	0,41
Mata nativa	1,37	2,58	0,47
Pastagem	1,39	2,53	0,45
10 - 20 cm			
Cultivada	1,44	2,57	0,44
Mata nativa	1,42	2,52	0,44
Pastagem	1,41	2,51	0,44
Neossolo Regolítico			
0 – 10 cm			
Cultivada	1,53	2,59	0,41
Mata nativa	1,55	2,60	0,40
Pastagem	1,64	2,61	0,37
10 - 20 cm			
Cultivada	1,61	2,60	0,38
Mata nativa	1,56	2,58	0,40
Pastagem	1,63	2,66	0,39

No que diz respeito a macro e microagregação, os dados estão apresentados na Tabela 4. No LA, a condição sob mata nativa apresentou maiores valores de agregados maiores que 0,25 mm, ou seja, macroagregados, nas duas profundidades submetidos a análise seca e úmida, seguida da condição sob pastagem e com menor agregação a condição cultivada. Maior macroagregação apresentada por um solo também indica mais estabilidade física do mesmo. Segundo Stevenson (1994), solos com maior aporte orgânico possuem maior estabilidade de seus agregados por causa das suas substâncias orgânicas,

principalmente as húmicas, que formam um filme sobre as partículas de solo, cimentando-as em agregados estáveis. Nas áreas cultivadas é esperado menor porcentagem de macroagregados que podem ser justificados pelo menor conteúdo de matéria orgânica, e pelo próprio revolvimento exercido ao longo do tempo. Os macroagregados úmidos (tabela 4), ainda no LA, tiveram maior porcentagem na condição sob mata nativa, seguida da condição sob pastagem e cultivada. Esse dado demonstra a resistência do solo ao processo erosivo. Segundo Costa Junior et al (2012), constataram que as pastagens têm capacidade de manter a agregação do solo, por meio do efeito do crescimento das raízes que fornecem exsudados capazes de promover o processo de agregação, consequência do estímulo da atividade microbiana.

No NR, o solo sob condição de mata nativa obteve menor valor de macroagregados por via seca (tabela 4) e seu maior valor foi encontrado na condição sob pastagem, para a via úmida foi verificado que a porcentagem de macroagregados foi menor a dos microagregados, o que se leva a concluir a menor agregação desse solo, nessa situação foi verificado que o solo sob pastagem obteve maior valor de macroagregados, seguido da condição cultiva e mata nativa. Esses dados discordam de Ramos et al. (2010), em que em seu trabalho comparando atributos físicos de solos sob diferentes condições de uso, verificam que o solo sob condição de mata nativa tem maior porcentagem de macroagregados em relação aos demais, a discordância nesse caso pode ser justificada pelo NR está em uma área de semiárido de tal forma que a vegetação não incrementa muita MO e portanto tem menor ação condicionante da mesma.

Tabela 4. Macro e microagregados obtidos por peneiragem via seca e úmida para solo sob diferentes condições de uso.

Condição	Agregação			
	Seca		Úmida	
	Macro	Micro	Macro	Micro
-----%				
Latossolo Amarelo				
0 – 10 cm				
Cultivada	89,50	10,50	72,53	27,47
Mata nativa	93,35	6,65	86,50	13,50
Pastagem	92,15	7,58	79,07	20,93
10 – 20 cm				
Cultivada	88,69	11,31	70,96	29,04
Mata nativa	91,59	8,41	84,52	15,48
Pastagem	87,00	13,00	76,81	23,19

Neossolo Regolítico				
0 – 10 cm				
Cultivada	61,02	38,98	42,03	57,97
Mata nativa	56,67	43,33	39,96	60,04
Pastagem	68,76	31,24	45,57	54,43
10 – 20 cm				
Cultivada	74,65	25,35	43,72	56,28
Mata nativa	60,81	39,19	42,77	57,23
Pastagem	71,01	28,99	46,54	53,46

Na Tabela 5 estão dispostos dados de diâmetro médio ponderado de agregado por peneiragem seca e úmida, assim como o Índice de estabilidade de agregados (IEA). Foi verificado no LA, maior IEA em relação aos tipos de solo, na sua condição sob mata nativa, não ocorrendo variação em relação a profundidade nessa condição. No entanto, para o solo sob pastagem, ainda no LA, houve variabilidade quanto a profundidade, o que pode estar relacionado à conformação dos agregados de acordo com o pisoteio animal influenciando em sua estabilidade

na camada superficial. No NR, assim como no LA, foram evidenciados que os maiores valores de IEA foram encontrados na condição sob mata nativa nas duas profundidades (Tabela 5). Este resultado corrobora com o fato da matéria orgânica ser o agente que atua mais intensivamente como agregante do solo (Wendling et al., 2005). Embora a condição sob pastagem tenha apresentado os menores valores de IEA no NR, o que discorda com Salton et al. (2008), que observaram que os sistemas com pastagem permanente apresentaram maior IEA, pode estar ligado ao tipo de forragem e o incremento que a mesma está proporcionando ao solo.

Tabela 5. Diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPAs) e úmida (DMPAu) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) em dois solos sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem.

Condição	DMPAs	DMPAu	IEA
	-----mm-----		
Latossolo Amarelo			
0 – 10 cm			
Cultivada	2,45	1,47	0,61
Mata nativa	3,32	2,54	0,77
Pastagem	2,72	2,00	0,74
10 - 20 cm			
Cultivada	2,62	1,33	0,51
Mata nativa	3,12	2,65	0,85
Pastagem	3,01	1,90	0,64
Neossolo Regolítico			
0 – 10 cm			
Cultivada	0,81	0,37	0,46
Mata nativa	0,63	0,40	0,63
Pastagem	1,12	0,41	0,36
10 - 20 cm			
Cultivada	1,01	0,36	0,36
Mata nativa	0,75	0,43	0,61
Pastagem	1,03	0,37	0,36

Foi verificado que o LA apresentou maiores percentagens de macroagregados, associados à sua textura com maior teor de argila (Tabela 2) assim como aos dados de densidade e porosidade (Tabela 3) e em suas condições os maiores valores para índice de estabilidade de agregados, podendo-se verificar que sua agregação é melhor em relação ao NR.

5.2. Caracterização química do solo

Na Tabela 6, é possível observar valores médios das análises químicas dos solos estudados, observando-se a série flocculante a dispersante do solo como $Al > Fe > H > Ca > Mg > K > NH_4 > Na > Li$ (Arena, 1968). Verifica-se que, no LA e NR, os valores de acidez potencial ($H + Al^+$) apresentam maiores valores na condição sob mata nativa, nas duas profundidades, seguido da pastagem e área cultivada, essa mesma tendência é verificada para os valores de matéria orgânica (MO). De acordo com a série flocculante supracitada, o alumínio (Al) e hidrogênio(H) são elementos que condicionam agregação, a MO influencia a agregação do solo de forma dinâmica e está associada à intensificação da atividade microbiana que promovem a ligação entre polímeros orgânicos e a superfície inorgânica por meio de cátions polivalentes (Prevedello et al, 2014), sendo dessa forma um fator essencial na estabilidade dos agregados por ser um condicionador físico poderoso ao solo (Bayer, 1996), justificando maiores valores de IEA (Tabela 4) encontrados na condição sob mata nativa. Isso corrobora com o fato de que a condição sob mata nativa recebe mais deposição de material orgânico.

Nos valores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), que segundo Hillel (2003), são agentes que condicionam agregação na estrutura do solo por possuírem menores raios de hidratação, no LA e NR, a condição cultivada apresentou seus maiores valores, nas duas profundidades, sendo o mesmo seguido pela condição sob pastagem e posteriormente a condição sob mata nativa. Os valores encontrados na pesquisa corroboram aos encontrados por Cavalcante et al (2007), onde para diferentes condições de uso para um Latossolo Vermelho distrófico do Cerrado, os maiores valores de Ca e Mg foram encontrados em áreas cultivadas, sendo seguidos de área sob pastagem e enfim a condição natural do Cerrado, maiores valores desses elementos estão apresentados nos solos das condições cultivadas e

pastagem, muito provavelmente, por causa da adição de corretivos, uma vez que nesses solos foram verificados valores nulos de Al trocável, o qual é objeto de correção do solo utilizando o calcário que é rico em cálcio e magnésio.

Tabela 6. Valores médios de atributos químicos de dois solos sob diferentes condições de uso.

Área	pH (1:2,5)	P	K ⁺	Na ⁺	H+Al	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	M.O.
		mg kg ⁻¹	-----mmol _c . Kg ⁻¹ -----						g kg ⁻¹
Latossolo Amarelo									
0-10 cm									
Cultivada	6,2	3	0,7	1	22	0	49	20	35
Mata nativa	4,8	2	1,3	1	140	28	12	7	62
Pastagem	5,9	4	0,8	1	45	0	26	11	35
10-20 cm									
Cultivada	6,2	2	0,4	1	30	0	39	17	34
Mata nativa	5,1	1	0,7	1	113	33	2	2	51
Pastagem	5,9	3	0,4	1	58	4	19	8	35
Neossolo Regolítico									
0-10 cm									
Cultivada	5,8	16	3,1	0	0	0	11	6	4
Mata nativa	7,2	11	2,3	0	16	4	9	4	9
Pastagem	6	3	2,6	1	16	8	9	5	4
10-20 cm									
Cultivada	6,2	4	2,9	1	0	0	11	7	3
Mata nativa	6,5	4	1,7	1	18	9	6	3	6
Pastagem	6	6	2,7	0	10	0	11	5	7

pH: Potencial hidrogênio-iônico; P: Fósforo; K: Potássio; Na: Sódio; H+Al⁺: Potencial de acidez; Al: Alumínio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; M.O.: Matéria orgânica.

O valor de sódio (Na) (tabela 6), agente dispersante do agregado do solo, não variou quanto as condições ou profundidade no LA, no NR houve variação quanto a condições e profundidades, segundo Jefferson et al. (2013), o aumento de sódio trocável no solo está diretamente relacionado com os incrementos nos valores

da argila dispersa e, por sua vez, na agregação do solo. Essa ação dispersante desse elemento está relacionada com a participação de cátions no processo de agregação das partículas de argila no solo, uma vez que o sódio apresenta maior raio hidratado dificultando a agregação das partículas. Porém os valores encontrados, nos solos da pesquisa, foram ínfimos e de baixa correlação com a agregação dos solos estudados.

De frente a esses dados é verificado que os valores de Ca e Mg, assim como os de H e Al e teores de MO (tabela 6), do Latossolo são maiores aos do Neossolo o que corrobora com um maior valor de agregação, sendo suas conclusões referenciadas na caracterização física, mais precisamente no IEA.

Na Tabela 6 estão apresentados os dados referentes aos valores do complexo sortivo dos solos estudados. Na relação Na/CTC, ou seja, a concentração do sódio na CTC do solo, demonstrou baixa influência desse elemento na capacidade de dispersão das argilas e conseqüentemente na agregação do solo, pois de acordo com Davis et al. (2009), solos com problemas de dispersão de Na⁺ apresentam a relação Na⁺/CTC superiores a 15%.

Para os valores da relação Ca+Mg/CTC, foram observados maiores valores nos solos sob cultivo e pastagem, referente a provável adição de corretivos. Quanto a relação Ca/Mg, os maiores valores no LA, foram verificados nas condições cultivada e pastagem nas duas profundidades, já no NR, na camada superficial foi observado maior valor dessa relação nas condições de mata nativa e condição cultivada, na camada subsuperficial, os maiores valores dessa relação foi observado no solo sob mata nativa e pastagem. De acordo com Santos (1975), o cálcio tem grande poder floculador, isso justificado por esse elemento ser bivalente e possuir raio hidratado menor. Ainda de acordo com Oliveira et al. (2012), o Ca²⁺ no complexo de troca e na solução do solo, quando hidratado, forma complexos de esfera interna com raio de hidratação pequeno ocasionando compressão da dupla camada difusa e aproximação das argilas assim como o processo de floculação, os autores colocam que relações em que o Ca²⁺ é superior ao Mg²⁺ favorecem o processo de floculação uma vez que o Mg²⁺ tem seu raio de hidratação maior que o Ca²⁺. De tal forma que foram visualizados valores maiores dessa relação nas condições do LA, favorecendo à agregação desse solo.

Tabela 7. Valores do complexo sortivo do Latossolo Amarelo e Neossolo Regolítico, sob diferentes condições de uso e profundidades.

Condição	SB ⁽¹⁾	CTC ⁽²⁾		Δ CTC ⁽³⁾	Sat. Al ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾	Relações		
		Efetiva	Potencial				Na/CTC	Ca+Mg/CTC	Ca/Mg
	-----	mmol _c kg ⁻¹ -----		-----	% -----				
Latossolo Amarelo									
0-10 cm									
Cultivada	70,7	70,7	92,7	22	0	76	0,01	0,74	2,45
Mata nativa	21,3	49,3	161,3	112	57	13	0,006	0,11	1,71
Pastagem	38,8	38,8	83,8	45	3	46	0,01	0,44	2,36
<u>10-20 cm</u>									
Cultivada	57,4	57,4	87,4	30	0	66	0,01	0,64	2,29
Mata nativa	5,7	38,7	118,7	80	85	5	0,008	0,03	1,00
Pastagem	28,4	32,4	86,4	54	12	33	0,01	0,31	2,37

Neossolo Regolítico									
0-10 cm									
Cultivada	20,1	20,1	27,1	7	5	74	0,00	0,62	1,83
Mata nativa	15,3	19,3	31,3	12	21	49	0,00	0,41	2,25
Pastagem	17,6	25,6	33,6	8	31	52	0,02	0,41	1,80
<u>10-20 cm</u>									
Cultivada	21,9	21,9	28,9	7	4	76	0,03	0,62	1,57
Mata nativa	11,7	20,7	29,7	9	43	39	0,03	0,30	2,00
Pastagem	18,7	18,7	28,7	10	0	65	0,00	0,55	2,20

(1): Soma de bases; (2): Capacidade de troca catiônica; (3): Diferença da CTC potencial e efetiva; (4): Saturação por Alumínio; (5): Saturação por bases;

Para os valores referentes ao fracionamento da matéria orgânica, A avaliação da magnitude da proteção física da M.O, obtendo-se a matéria orgânica particulada (MOP), foi verificado que no Latossolo Amarelo, na camada superficial, teve maior valor na área cultivada seguida da pastagem e do solo sob mata nativa, na camada subsuperficial, o maior valor foi verificado na pastagem seguido da área cultivada e solo sob mata nativa. No Neossolo Regolítico, na camada superficial

maior valor foi agregado à área cultivada seguida daquele sob mata nativa e pastagem, quanto à camada subsuperficial, a maior grandeza desse atributo foi verificado na área de pastagem seguido da cultivada e sob mata nativa. Os menores valores quanto a condição de mata nativa, pode estar relacionada a maior diversidade biológica, a comunidade pertencente à esta condição atua mais intensivamente na decomposição e por tanto fraciona a MO mais rapidamente.

Tabela 8. Valores referentes ao fracionamento da matéria orgânica do solo.

Condição	Matéria orgânica particulada
	g Kg ⁻¹
	Latossolo Amarelo
	0 – 10 cm
Cultivada	7,16
Mata nativa	5,60
Pastagem	6,22
	10 - 20 cm
Cultivada	5,08
Mata nativa	6,01
Pastagem	8,19
	Neossolo Regolítico
	0 – 10 cm
Cultivada	1,45
Mata nativa	1,35
Pastagem	0,93
	10 - 20 cm
Cultivada	0,83
Mata nativa	0,73
Pastagem	0,93

6. CONCLUSÕES

O Latossolo Amarelo apresentou os menores valores de densidade do solo e argila dispersa em água, maiores valores de Argila, de grau de flocculação, de porosidade, de diâmetro médio de agregados (obtidos por peneiragem via seca e úmida), e Índice de estabilidade de agregados (IEA), com maiores grandezas na condição sob Mata nativa, nas duas profundidades estudadas.

Os valores dos elementos químicos agregantes tais como as relações estabelecidas deste assim como maior aporte de matéria orgânica, corroboram com a melhor agregação do Latossolo Amarelo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L. & ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. . Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, p. 717-723, 2001.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M. & OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. . Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p. 857-865, 2000.

ARAÚJO FILHO, J. D.; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B.; MEDEIROS, L. A. R.; MELO FILHO, H. F. R.; BARROS, A. H. C. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 318 p.

ARENA, A. Curso de Suelos - Física de Suelos. Rio de Janeiro: Centro Pan-Americano de Aperfeiçoamento para Pesquisas de Recursos Naturais (CEPERN), Instituto Pan-Americano de Geografia e História, OEA e Ministério da Agricultura do Brasil. 1968. 72p.

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

BERTOL, I., CIPRANDI, O., KURTZ, C., & BAPTISTA, A. S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, n. 4, p. 705-712, 1998.

BRANDÃO, V. S. et al. Resistência hidráulica da crosta formada em solos submetidos a chuvas simuladas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 1, p. 13-21, 2006.

BRASIL, IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira 2 ed (Revisada) (Manuais Técnicos em Geociências no 1). Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2012. 275 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (MA), 1972. 670 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estados, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pb>>. Acesso em: 25 mar, 2015.

CAMARGO, O. A. de & ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e desenvolvimento das plantas. Piracicaba: Esalq, 1997. 132 p.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland and cultivation sequence. *Soil Science Society of American Proceedings*, v. 56, p. 777-783, 1992.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S. & CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 44, p. 631-637, 2009.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. D.; PEREIRA, H. S.; & AZEVEDO, W. D. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

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

CASAGRANDE, J. C., ALLEONI, L. R. F., CAMARGO, O. D., & BORGES, M. Adsorção de fosfato e sulfato em solos com cargas elétricas variáveis. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 1, p. 51-59, 2003.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. de; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v. 31, p. 1329-1339, 2007.

- CORÁ, J. E., & BERALDO, J. M. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, v. 26, n. 2, p. 374-387, 2006.
- CORSINE, P.C.; FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, p.289-298, 1999.
- COSTA JUNIOR, C.; PÍCCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B. de; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, vol.36, p. 1311-1322, 2012.
- COSTA, E. A., GOEDERT, W. J., & SOUSA, D. D. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.
- DAVIS, J. G.; WASKOM, R. M.; BAUDER, T. A.; CARDON, G. E. Managing sodic soils. Disponível em: <<http://www.ext.colostate.edu/PUBS/crops/00504.html>>. Acesso em 25 set. 2015.
- DEXTER, A.R. & YOUNGS, I.M. Soil physic toward 2000. *Soil Till. Res.*, v. 24, p. 101-106, 1992.
- DIAS JUNIOR, M. S. Compactação do Solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 55-94.
- EHLERS, Eduardo M. O que se entende por agricultura sustentável? 1994. Tese (Mestrado em Ciência Ambiental) - Programa de Pós-Graduação FEA/USP, São Paulo.
- EMBRAPA SOLOS. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- EMBRAPA SOLOS. Solos do Nordeste. Recife: Embrapa Solos, 2014, 14 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2.ed.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Manual de métodos e análise de solo. 2 ed (Revisada). Rio de Janeiro: CNPS, 2011. 225 p.

FERREIRA, J. T. P.; FERREIRA, E. P.; SILVA, W. C.; ROCHA, I. T. M. Atributos químicos e físicos do solo sob diferentes manejos na microrregião Serrana dos Quilombos – Alagoas. Agrarian Academy, v.1, p. 89-101, 2014.

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

GAGGERO, M. R. Alterações das propriedades físicas do solo sob sistemas de preparo e pastejo. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciencia do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

GOMES, M.A.F., FILIZOLA, H.F. Indicadores Físicos e Químicos de Qualidade de Solo de Interesse Agrícola. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente. 2006. Disponível em < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Gomes_Filizola_indicadoresI D-u1keja1HAN.pdf > acesso em 04 abr 2015.

GONÇALVES, A. N. Fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento de árvores em regiões áridas e semi-áridas do nordeste brasileiro. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.3, n.10, p.99 – 105, 1982.

GRABLE, A.R. & SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corns roots. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32:180-186, 1968.

HAKANSSON, I., VOORHEES, W.B. Soil compaction. In: LAL, R., BLUM, W.H., VALENTIN, C., et al. (eds.) Methods for assessment of soil degradation. Boca Raton: Lewis, 1997. p.167-179.

HILLEL, D. Introduction to environmental soil physics. New York: Academic Press, 2003. 494p.

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

JACKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B. & VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 38, p. 118-127, 2008.

JACOMINE, P. T. K. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: Reunião técnica sobre solos coesos dos tabuleiros costeiros; Pesquisa e desenvolvimento para os tabuleiros costeiros. Cruz das Almas, 1996. Anais... Aracaju, EMBRAPA - CPATC/ EMBRAPA - CNPMPF/EAUFBA/IGUFBA. 1996. p.13-26.

JEFFERSON, L. D. A., RUIZ, H. A., FERNANDES, R. B., FREIRE, M. B. D. S., DE FC BARROS, M., & ROCHA, G. C. Dispersão de argilas em solos afetados por sais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, p. 1135-1142, 2013.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. Revista Geonomos, v. 5, n. 1, p. 17-40, 2013.

KOPI, A.J.; DOUGLAS, J.T. A rapid inexpensive and quantitative procedure for assessing soil structure with respect to cropping. Soil Use and Management, v.7, p. 52-56, 1991.

LEPSCH, I. F.; GAVRILOFF, S. Solos-formação e conservação. Comp. Melhoramentos de São Paulo, Industrias de Papel, 1976.

MACIEL, F. C.; LIMA, G. F. da C.; GUEDES, F. X.; MEDIROS, H. R.; GARCIA, L. R. U. C. Silo cincho – O armazém de forragem para a agricultura familiar. In: Armazenamento de forragens para agricultura familiar. Natal: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 2004. p.19-23.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.

MAZZOLENI, E. M.; NOGUEIRA, J. M. Agricultura orgânica: características básicas do seu produtor. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Brasília, v. 44, n. 2, p. 263-293, 2006.

MELO FILHO, J. F. D.; OLIVEIRA, A. S. de; LOPES, L. C.; VELLAME, L. M. Análise estatística exploratória e variabilidade da densidade do solo em um perfil de Latossolo Amarelo coeso dos tabuleiros costeiros da Bahia. *Ciência Agrotecnologia*, v. 30, p. 199-205, 2006.

MELO, L. C. A., SILVA, C. A., & DIAS, B. D. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 101-110, 2008.

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

OLIVEIRA, F. D., BUARQUE, D. C., VIERO, A. C., MERTEN, G. H., CASSOL, E. A., & MINELLA, J. P. Fatores relacionados à suscetibilidade da erosão em entressulcos sob condições de uso e manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 4, p. 337-346, 2012.

OLIVEIRA, J. B. *Pedologia Aplicada*. 3 ed. Piracicaba: FEALQ, 2008. 592p.

OLIVEIRA, J. B., JACOMINE, P. K. T. & CAMARGO, M. N. *Classes Gerais de Solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento*. Jaboticabal, FUNEP, 1992, 201p.

OLIVEIRA, P. T.; LIMA, K. C.; SILVA, C. M. S. Distribuição de frequência de eventos intensos de precipitação sobre a região Nordeste do Brasil. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 2011, João Pessoa-PB. Anais... 2011. DVD. Disponível em: <<http://www.sic2011.com>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

PAULUS, G. Do padrão moderno à agricultura alternativa: possibilidades de transição. 1999. 171 f.: il. Dissertação (Mestrado) – Programa de PósGraduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PREVEDELLO, J., VOGELMANN, E. S., KAISER, D. R., FONTANELA, E., REINERT, D. J., & REICHERT, J. M. Agregação e matéria orgânica de um argissolo sob diferentes preparos do solo para plantio de Eucalipto. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 34, n. 78, p. 149-158, 2014.

RACHWAL, M. F. G. DEDECEK, R. A.; CURCIO, G. R.; SIMON, A. A. Manejo dos resíduos da colheita de acácia-negra (*acaciamearnsii* de wild) e a sustentabilidade do sítio. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 137-144, 2007.

RAMOS, F. T., MONARI, Y. C., NUNES, M. C. M., DA SLIVA CAMPOS, D. T., & RAMOS, D. T. Indicadores de qualidade em um latossolovermelho-amarelo sob pastagem extensiva no Pantanal matogrossense. *Revista Caatinga*, v. 23, p. 112-120, 2010.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Curi, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M. DA; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. H. (eds.). *Tópicos em ciência do solo*. v.3. Viçosa: SBCS, 2003. p.165-208.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: *Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, SBCS/UFV, 1996. p. 16-60.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M. & SALTON, J.C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M. & SALTON, J.C., orgs. *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares*. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.17-41.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J. & VASCONCELLOS, C.A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. *Geoderma*, v. 104, p. 185-202, 2001.

SALTON, J. C., MIELNICZUK, J., BAYER, C., BOENI, M., CONCEIÇÃO, P. C., FABRÍCIO, A. C. MACEDO, M. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 11-21, 2008.

SANTOS, F. S. Adubação boratada na cultura do crambe em Latossolos. Cascavel: UEOPR, 2015, 36 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015.

SANTOS, H. G. dos; ZARONI, M. J. Agência EMBRAPA de informação tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_16_2212200611542.html>. Acesso em: 27 mar, 15.

SANTOS, P. S. Tecnologia de argilas aplicada às argilas brasileiras. São Paulo, Edgard Blucher, 1975. 340 p.

SÉGALEN, P. Lessols ferrallitiques et leurré partition géographique. Tome 1. Introduction générale. Lessols ferrallitiques: leur identification et environnement immédiat. Paris, éditions de l'ORSTOM. Collection Études et Thèses. 1994. 197p.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G.; BLUMENSCHNEIDER, F.N.; DALL'ACQUA, F.M. Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1984. 26 p.

SILVA, I. F. da. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v 21, p 113-117, 1997.

SILVA, I. D. F., & MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, n. 2, 1998.

SILVA, V. R. & REICHERT, D. J. R. J. M. Comparação entre os métodos do cilindro e do torrão na determinação da porosidade e da densidade do solo. *Ci. Rural*, v. 30, p. 1065-1068, 2000.

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

SILVA, S.; SOUSA, A. R.; de ALBUQUERQUE, S. F.; NUNES FILHO, J.; da SILVA, A. B. & LOPES, G. Características físicas e químicas de um neossolo, regolítico, eutrófico do Agreste pernambucano. In: Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013. Florianópolis. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SINGH, S.J. Effect of chloride and sulfate an ions on the chemical characteristics of some acid soils. *Can. J. Soil Sci.*, v. 62, p. 549- 557, 1982

SOUZA, Z. M. D. & ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

SOUZA, E. D., CARNEIRO, M. A. C., & PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1135-1139, 2005.

STEVENSON, F.J. *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 512 p.

STONE, L. F., & SILVEIRA, P. D. 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.

THOMPSON, P.J., JANSEN, I.J., HOOKS, C.L. Penetrometer resistance and bulk density as parameters for predicting root system performance in mine soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.51, p.1288-1293, 1987.

TISDALL, J. M.; COCKROFT, B.; UREN, N. C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials microbial activity and physical dsireption. *Australian journal Soil Research*. Melbourn, v 16, p 9-17, 1978.

TORMENA, C. A., BARBOSA, M. C., COSTA, A. D., & GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *ScientiaAgricola*, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

VASCONCELOS, R. D. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 2, p. 309-316, 2010.

VEIGA, José Eli da. *O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: HUCITEC, 1991.

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

VIEIRA, M. J. comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. *Atualização em plantio direto*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 163-179.

WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, p. 487-494, 2005.

WILCKE, W. & LILIENFEIN, J. Soil carbon-13 natural abundance under native and managed vegetation in Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 68, p. 827-832, 2004.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Community Soil Science Plant*, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ZUO, X.; ZHAO, H.; ZHAO, X.; ZHANG, T.; GUO, Y.; WANG, S.; DRAKE, S. Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 99, n. 2, p. 202-212, 2008.