

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

**COMPORTAMENTO FÍSICO DE LATOSSOLOS AMARELOS COESOS E
NÃO COESOS DO NORDESTE DO BRASIL**

LETÍCIA DA SILVA RIBEIRO

BOM JESUS – PI

2018

LETÍCIA DA SILVA RIBEIRO

**COMPORTAMENTO FÍSICO DE LATOSSOLOS AMARELOS COESOS E
NÃO COESOS DO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega
Coorientador: Prof. Dr. Ronny Sobreira Barbosa

BOM JESUS – PI

2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento Técnico

R484c Ribeiro, Letícia da Silva.
 Comportamento físico de Latossolos Amarelos coesos e não
 coesos do Nordeste do Brasil. / Letícia da Silva Ribeiro. –
 2018.
 53 f.: il.

 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,
 Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-
 graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Bom Jesus-PI, 2018.
 “Orientação: Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega”.

 1. Solos Coesos. 2. Qualidade Física.
 3. Consistência Do Solo. I. Título.

CDD 631.4

LETÍCIA DA SILVA RIBEIRO

**COMPORTAMENTO FÍSICO DE LATOSSOLOS AMARELOS COESOS E
NÃO COESOS DO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Aprovada em: 31/07/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega (CCAAB/UFRB)

(Orientador)

Prof^a. Dr^a. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega (CCAAB/UFRB)

Prof. Dr. Elton da Silva Leite (CCAAB/UFRB)

Por isso não tema, pois estou com você;
não tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o
fortalecerei e o ajudarei; eu o segurarei
com a minha mão direita vitoriosa.

Isaías 41:10

À Deus, por sempre iluminar o meu caminho

Aos meus pais, irmãos e demais familiares

Aos meus amigos

Ao meu orientador

Aos professores e demais funcionários da UFPI e UFRB

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, força e sabedoria e por ter me iluminado em tantos momentos de minha vida.

Agradeço a minha mãe Maria de Jesus da Silva e aos meus pais Adalberto Geraldo Borges Ribeiro e Fábio Luiz Oliveira Veras, por terem me dado amor, apoio, confiança, companheirismo, ter proporcionado uma boa educação e por serem um grande exemplo de vida.

Ao meu irmão Júnior que apesar da distância me deu força e sempre acreditou em mim.

As minhas amigas Fátima e Sarah, que mesmo estando longe acompanharam a minha trajetória sempre dando força.

Agradeço minhas amigas Bárbara Albuquerque e Katiana Vasconcelos, que desde o início do mestrado estivemos juntas. Obrigada pelos momentos de alegrias e confiança. cultivamos uma amizade verdadeira.

Agradeço também aos meus amigos Davy, Laryssa, Joane, Thaisa, Mara, Greice, Mariana, Esio e Seu Ailton pela amizade adquirida e por toda ajuda em trabalhos de campo e laboratório.

Agradeço aos meus familiares, avós, tios e primos que sempre se preocuparam com meus estudos e aos meus colegas de sala, onde muitos desses se tornaram amigos.

Agradeço ao professor Luciano da Silva Souza pela grande colaboração neste trabalho.

Ao professor Ronny Sobreira Barbosa, pelos ensinamentos, pelas motivações, pelos sorrisos e todas as “palavras de luz”.

Ao meu orientador Júlio César Azevedo Nóbrega a qual tive a honra de ser orientada, chegando em Cruz das Almas entendi todos os elogios feitos por alunos e professores da UFPI. Obrigada por toda preocupação, ensinamentos, paciência e incentivos.

A banca examinadora, professor Elton Leite e professora Rafaela Nóbrega, pelo aceite do convite e por contribuir com sugestões importantes para a melhoria da dissertação.

Ao corpo docente da Universidade Federal do Piauí e da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia que contribuíram para a minha formação acadêmica.

À CAPES, pela concessão de bolsa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas pela oportunidade de ampliar e aprimorar meus conhecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	v
GENERAL ABSTRACT.....	vi
LISTAS DE FIGURAS	vii
LISTAS DE TABELAS	viii
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Latossolos Amarelos coesos: ocorrência e identificação	3
2.2 Efeitos da coesão nos atributos físicos do solo	5
2.3 Práticas agronômicas voltadas para melhoria física de solos coesos	6
2.4 SEALBA: Nova fronteira agrícola da região Nordeste para produção de grãos.....	8
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	10
CAPÍTULO 2	13
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.1 Localização das áreas de estudo e caracterização	17
2.2 Análises morfológicas, físicas e químicas	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1 Caracterização morfológica.....	22
3.2 Caracterização física.....	27
4. CONCLUSÕES	32
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CAPÍTULO 3	35
RESUMO	35
ABSTRACT	36

1. INTRODUÇÃO.....	37
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.1 Localização da área de estudo e caracterização.....	39
2.2 Avaliação da estabilidade dos agregados, limites de plasticidade, liquidez, índice de plasticidade e teor de matéria orgânica.....	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.1 Consistência do solo em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais homogêneos e pastagem	42
3.2. Distribuição dos agregados, diâmetro médio ponderado e índices de estabilidade dos agregados do solo	44
4. CONCLUSÕES	50
5. REFERÊNCIAS	51

RESUMO GERAL

Os horizontes coesos são reconhecidos como potencialmente limitantes ao desenvolvimento das plantas, devido à elevada resistência do solo à penetração quando seco, elevados valores de densidade do solo e redução da condutividade hidráulica. Tal fato, afeta o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o teor de água disponível, a aeração e a absorção de nutrientes, constituindo um inibidor físico que influencia negativamente a produção agrícola. Neste sentido, por constituir os Tabuleiros Costeiros, uma área importante para a produção agrícola, principalmente no Nordeste brasileiro, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o comportamento físico de Latossolos Amarelos coesos e não coesos nos Tabuleiros Costeiros da Bahia e no Cerrado piauiense (capítulo 2), bem como avaliar os limites de consistência e índices de estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes sistemas agroflorestais na região do Recôncavo da Bahia, bem como sua relação com o teor de matéria orgânica (capítulo 3). Para o primeiro estudo foi selecionado dois perfis de solos com expressiva manifestação do caráter coeso, ambos classificados como Latossolo Amarelo distrocoeso típico, no município de Cruz das Almas, região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e um perfil sem a presença do caráter coeso, no município de Palmeira do Piauí, região do Cerrado piauiense. Para o segundo estudo o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x3, constituído por cinco sistemas de manejo e uso do solo com três profundidades de solo, com 3 repetições, totalizando 45 unidades amostrais. Os sistemas de uso avaliados foram compostos por quatro povoamentos com plantas de espécies nativas e uma área sob pastagem, sendo: Angico vermelho – PAV, Sabiá-PS, Gonçalo Alves-PGA, Jenipapo-PJ e Pastagem (PAST). As frações de areia muito grossa e grossa está associada a gênese desses horizontes com caráter coeso, permitindo um melhor arranjo das partículas tornando o perfil mais adensado e sujeito a cimentação. A maior proporção das frações areia muito grossa e grossa verificada nos solos coesos, contribuiu para elevar os valores de densidade do solo, microporosidade e resistência a penetração, com redução da relação macro/microporosidade e condutividade hidráulica. As áreas sob pastagem e sob o cultivo de Sabiá são as que mais contribuíram para a estabilização dos agregados do solo nos primeiros 4 cm de profundidade. O índice de estabilidade e a percentagem de agregados maiores que 2,0 mm estáveis em água demonstraram ser propriedades de avaliação da estabilidade de agregados e apresentaram correlações com o teor de C orgânico total do solo. As áreas sob pastagem apresentaram os maiores teores de COT, em todas as profundidades estudadas, com decréscimos ao longo do perfil. Os solos sob pastagem e cultivo de Jenipapo apresentaram os maiores valores de limite de plasticidade nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4.

Palavras chave: solos coesos, qualidade física, consistência do solo.

GENERAL ABSTRACT

The cohesive horizons are recognized as potentially limiting to the development of plants due to the high soil resistance to penetration when dry, high values of soil density and reduction of hydraulic conductivity. This fact affects the development of the root system of the plants, the available water content, aeration and the absorption of nutrients, constituting a physical inhibitor that negatively influences agricultural production. In this sense, because it is the Coastal Traps, an important area for agricultural production, mainly in the Brazilian Northeast, the objective of this study was to evaluate the physical behavior of cohesive and non-cohesive Yellow Latosols in the Coastal Tabuleiros of Bahia and in the Cerrado of Piauí (Chapter 2), as well as to evaluate the consistency limits and aggregate stability indexes of a Yellow Latosol Distrocoses under different agroforestry systems in the Recôncavo region of Bahia, as well as their relationship with the organic matter content (Chapter 3). For the first study, two soils profiles with expressive cohesive character were selected, both classified as typical Yellow Latosol, in the municipality of Cruz das Almas, in the region of Tabuleiros Costeiros da Bahia, and a profile without the presence of cohesive character in the municipality of Palmeira do Piauí, in the Cerrado region of Piauí. For the second study, the experimental design was completely randomized in a 5x3 factorial scheme, consisting of five soil management and use systems with three soil depths, with three replications, totaling 45 sample units. The evaluated systems of use were composed of four stands with plants of native species and an area under pasture, being: Angico red - PAV, Sabiá-PS, Gonçalo Alves-PGA, Jenipapo-PJ and Pasture (PAST). The very thick and coarse sand fractions are associated to the genesis of these horizons with a cohesive character, allowing a better arrangement of the particles, making the profile more densified and subject to cementation. The higher proportion of very thick and coarse sand fractions observed in cohesive soils contributed to increase the soil bulk density, microporosity and penetration resistance, with a reduction of macro / microporosity and hydraulic conductivity. The areas under pasture and under Sabiá cultivation were those that contributed the most to the stabilization of the soil aggregates in the first 4 cm of depth. The stability index and the percentage of aggregates greater than 2.0 mm stable in water proved to be properties of the aggregate stability and showed correlations with the total organic C content of the soil. The areas under pasture had the highest TOC contents, in all depths studied, with decreases along the profile. Soils under pasture and cultivation of Jenipapo presented the highest plasticity limit values in the 0-0.2 and 0.2-0.4 layers.

Keywords: cohesive soils, physical quality, soil consistency.

LISTAS DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1:** Localização da área de estudo de perfis de Latossolo Amarelo coeso sob mata e cultivo de eucalipto na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia (Perfil 1 e 2)17
- Figura 2:** Localização da área de estudo de Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense (P3) 18
- Figura 3.** Perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia (a e b) e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense (c).....22
- Figura 4.** Resistência à penetração e umidade gravimétrica de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia (Perfil 1 e 2) e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense (Perfil 3)30
- Figura 5.** Condutividade hidráulica saturada (K_0) de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia (Perfil 1 e 2) e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense (Perfil 3)31

CAPÍTULO 3

- Figura 1:** Localização da área de estudo em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais homogêneos e pastagem da região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia.....40
- Figura 2.** (a) Relação entre o limite de plasticidade (LP), (b) limite de liquidez (LL) e (c) índice de plasticidade (IP) com o carbono orgânico total (COT) em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem45
- Figura 3.** Distribuição dos agregados por peneiramento por via úmida, em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem. PAV –Angico, PS-Sabiá, PGA-Gonçalo Alves, PJ-Jenipapo e PAST-Pastagem.....47
- Figura 4.** Diâmetro médio ponderado de agregados via úmida (DMP_{μ}), índice de estabilidade de agregados (IEA), diâmetro médio ponderado de agregados via seca (DMPs) e porcentagem de agregados maiores que 2,0 mm estáveis em água (Agri), em função do carbono orgânico total (COT) em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem.....49

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Análise química de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense.....21

Tabela 2. Características morfológicas de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense.....24

Tabela 3. Análise granulométrica de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense.....26

Tabela 4. Volume total de poros (VTP), Macro (Ma), Microporosidade (Mi) e densidade do solo (Ds) de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense.....28

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Valores médios nos limites de plasticidade (LP) e de liquidez (LL), índice de plasticidade (IP), em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem.....43

Tabela 1. Valores médios de Carbono Orgânico total, em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem.....44

Tabela 3. Diâmetro médio ponderado obtido por peneiração via úmida (DMPu), por peneiração via seca (DMPs), índice de estabilidade de agregados (IEA), porcentagem de agregados estáveis em água (AGRI), em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem.....48

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

Diferenças marcantes entre os graus de consistência do solo seco e úmido, principalmente em termos de incremento do grau de consistência à seco (resistência), podem ser observadas em alguns horizontes de solos dos Tabuleiros Costeiros, nas regiões Sudeste e Nordeste do Brasil (Giarola et al., 2001). Esse tipo de comportamento no solo foi incorporado ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (SIBCS) por meio da criação e utilização do designativo “coeso” (Embrapa, 2013).

O termo coeso tem sido utilizado no Brasil para designar horizontes minerais subsuperficiais do solo que apresentam um aumento acentuado na coesão entre as partículas, tornando-se duro, muito duro ou até extremamente duro quando seco e friável quando úmido (Jacomine, 1996). Nos últimos anos, os estudos sobre solos com caráter coeso têm se intensificado no Brasil, especialmente no Nordeste brasileiro (Vieira et al., 2012; Ramos et al., 2013; Dantas et al.; 2014; Lima et al., 2015).

A origem dos horizontes coesos ainda é assunto polêmico, podendo estar associada a vários processos simultâneos tais como: agrupamento de partículas de argila face a face; perda do plasma argiloso da camada superficial para as subjacentes (argiluviação); presença de compostos orgânicos pouco polimerizados; presença de sílica secundária, ferro e alumínio dispersos nos microporos; adensamento resultante da alteração da estrutura do solo pela alternância do ciclo de umedecimento e secagem e contribuição da areia fina (Rezende et al., 2002).

Os horizontes coesos são reconhecidos como potencialmente limitantes ao desenvolvimento das plantas, devido à elevada resistência do solo à penetração quando seco, elevados valores de densidade do solo e redução da condutividade hidráulica (Rezende, 2000). Tal fato, afeta o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o teor de água disponível, a aeração e a absorção de nutrientes, constituindo um inibidor físico que influencia negativamente a produção agrícola (Rezende, 2000). Alternativas de manejo que contribuem para a redução da camada coesa, a exemplo das práticas mecânicas, possuem efeitos efêmeros, porém a contínua adição de matéria orgânica pode favorecer a melhoria dos atributos que resultam em maior qualidade do solo a longo prazo (Carvalho et al., 2017).

Estudos que avaliam práticas sustentáveis, a exemplo da utilização de plantas com sistemas radiculares mais profundos poderá constituir uma alternativa de manejo mais adequado aos solos da região dos Tabuleiros Costeiros, devido ao efeito físico que as mesmas poderá exercer no rompimento da camada coesa, bem como pelo incremento da matéria orgânica em profundidade no perfil, elevando com isso a qualidade física, química e biológica do solo (Machado et al., 2014).

Neste sentido, por constituir os Tabuleiros Costeiros, uma área importante para a produção agrícola, principalmente no Nordeste brasileiro, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o comportamento físico de Latossolos Amarelos coesos e não coesos nos Tabuleiros Costeiros da Bahia e no Cerrado piauiense (Capítulo 2) e os atributos físicos de um Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais homogêneos na região do Recôncavo da Bahia, bem como sua relação com o teor de matéria orgânica (Capítulo 3).

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Latossolos Amarelos coesos: ocorrência e identificação

Os Latossolos Amarelos que predominam nas áreas planas, a exemplo das Superfícies Tabulares Cimeiras (chapadas altas), encontram-se espalhados em muitas áreas do Brasil. No entanto, sua maior expressividade e continuidade de área encontra-se nos platôs litorâneos e amazônicos, onde normalmente desenvolvem-se a partir de sedimentos do Grupo Barreiras (Plio-pleistoceno) e Formação Alter do Chão (Cretáceo) (Ker,1998).

Constituem solos profundos, amarelos, com matizes do horizonte B entre 7,5YR e 10YR, cujo horizonte Bw apresenta atividade da argila menor que 13 cmolc kg⁻¹ de argila, relação molecular Ki geralmente mais elevada em relação à grande parte de outros Latossolos tropicais (normalmente 1,8 e 2,2), relação molecular Kr maior ou igual a 1,40; porcentagem de Fe₂O₃ do ataque sulfúrico menor que 10%; relação entre a porcentagem de Fe₂O₃ e a soma dos óxidos do ataque sulfúrico menor que 0,20 e predominância de minerais 1:1 (grupo da caulinita) na fração argila. Os baixos teores de Fe₂O₃ (< 7%) e a ausência virtual de gibbsita, parecem ser as causas principais da estrutura em blocos subangulares fracamente desenvolvida e de pouca estabilidade em água (Bennema e Camargo, 1970).

Possuem propriedades agronômicas desejáveis como boa profundidade, estrutura estável, boa porosidade e alta permeabilidade. Embora apresentem limitações quanto à fertilidade natural tornam-se excepcionalmente produtivos quando utilizados sob sistemas de manejo tecnificados que incluem a correção da acidez, aumento da fertilidade e controle de erosão (WRB, 2006).

No entanto, os Latossolos que estendem-se a outras paisagens dos terraços da Amazônia Oriental e das chapadas sedimentares do Nordeste dos Tabuleiros Costeiros, apresentam perda na qualidade física do solo devido à presença de horizontes com adensamento natural, acarretando em diferenças marcantes entre os graus de consistência do solo seco e úmido. Esse tipo de comportamento de solo foi incorporado ao SIBCS por meio da criação e utilização do designativo “coeso” (Embrapa, 2013).

A ocorrência de Latossolos Amarelos coesos no Brasil, está relacionada com a Formação Barreiras (Grupo Barreiras), a qual está geologicamente relacionada com os depósitos sedimentares, derivados de materiais argilosos, argilo-arenosos e arenosos do período Terciário, que constituem a unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros.

Os solos sob esta formação estão restritos à zona úmida costeira do litoral oriental das regiões Norte, Nordeste e Sudeste, sob climas de estações secas e úmidas bem definidas (Jacomine, 2001; Giarola e Silva, 2002).

Os Tabuleiros são formas topográficas de terreno que se assemelham a planalto, terminando geralmente de forma abrupta. No Nordeste brasileiro os Tabuleiros (termo regional utilizado para designar a porção mais plana da paisagem) aparecem, de modo geral, em toda a costa litorânea, apresentando paisagem de topografia plana, sedimentar e de baixa altitude, os quais ocupam apenas na região Nordeste uma área de 10.000.000 ha, correspondendo a aproximadamente 16% da área total dos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará (Lima Neto et al. 2010).

De acordo com dados da Embrapa-CPAT, os Tabuleiros Costeiros do Nordeste contribuem com 26,4% e 38,2% do PIB gerado a região pelas culturas temporárias e permanentes, respectivamente (Rezende, 2000). Além disso, as atividades agrícolas que ocorrem na região dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste apresentam grande importância no cenário nacional, uma vez que 90% da cultura do dendê; 88% do coco; 73% do mamão; 68% do caju; 65% do abacaxi; 65% da cana-de-açúcar; 48 % do cacau; e 33% da mandioca são cultivados nesses solos (Souza; Souza, 2012).

O termo coeso tem sido utilizado no Brasil para designar horizontes minerais subsuperficiais do solo que apresentam um aumento acentuado na coesão entre as suas partículas, tornando-se duro, muito duro ou até extremamente duro quando seco e friável quando úmido (Embrapa, 2013).

A origem dos horizontes coesos ainda é assunto polêmico, podendo estar associada a vários processos simultâneos, tais como: agrupamento de partículas de argila face a face; perda do plasma argiloso da camada superficial para as subjacentes (argiluviação); presença de compostos orgânicos pouco polimerizados; presença de sílica secundária, ferro e alumínio dispersos nos microporos; adensamento resultante da alteração da estrutura do solo pela alternância do ciclo de umedecimento e secagem (Rezende et al., 2002).

Giarola e Silva (2002) ao avaliarem a relação entre o atributo coeso e a denominação *hardsetting*, usada por estudiosos em ciência do solo na Austrália para designar comportamento semelhante em alguns solos do país, concluíram existir similaridade entre os dois termos. Entretanto, algumas diferenças podem ser ressaltadas, já que são descritos *hardsettings* em horizontes superficiais e em ordens de solos não previstas no SiBCS (Embrapa, 2013), bem como a possibilidade sugerida por alguns

autores de que a condição *hardsetting* pode ser também resultante do manejo inadequado do solo (Daniells, 2012).

Um dos possíveis mecanismos responsáveis pela ocorrência da coesão (*fragipãs* e *duripãs*) em solos dos Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia, sugerem que a coesão pode ser explicada pela mineralogia essencialmente caulínica e a sua forma *placóide* que favorecem o ajuste cerrado entre as partículas de argila, indicando um mecanismo físico que se desfaz com a umidade (Moreau et al., 2006). No entanto, Giarola et al. (2009), avaliando solos com horizontes coesos de diversas partes do Brasil, não encontraram diferença entre o grau de ordenamento estrutural de caulinitas de horizontes coesos e não coesos, não sendo possível associar o empacotamento da fração argila com o caráter coeso.

Os horizontes com caráter coeso apresentam textura média, argilosa ou muito argilosa e, em condições naturais, têm uma fraca organização estrutural, sendo geralmente maciços ou com tendência à formação de blocos (Embrapa, 2013). Assim, em função dessa estrutura, os torrões fragmentam-se em tamanhos menores e angulosos ao serem pressionados. Tal caráter, é comumente observado nos horizontes transicionais AB e/ou BA, entre 30 e 70 cm da superfície do solo, podendo prolongar-se até o Bw ou coincidir com o Bt, no todo ou em parte (Bezerra et al., 2015).

2.2 Efeitos da coesão nos atributos físicos do solo

Os horizontes coesos são reconhecidos como potencialmente limitantes ao desenvolvimento das plantas, devido à elevada resistência do solo à penetração quando seco, o que afeta o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o teor de água disponível, a aeração e a absorção de nutrientes, constituindo um inibidor físico e influenciando negativamente a produção agrícola (Côrrea et al., 2008).

Com o objetivo de encontrar valores de referência para a identificação dos horizontes com caráter coeso, tem-se estudado a eficiência de algumas variáveis quantitativas como: densidade do solo, variando de 1,5 a 1,8 kg dm⁻³, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, argila dispersa em água, fracionamento da areia, condutividade hidráulica, curva de retenção de água e resistência do solo à penetração, que em solos coesos, normalmente excede 3MPa, trazendo sérias implicações para o crescimento das raízes (Lima, 2004).

Ao tentar definir com maior clareza, parâmetros que melhor caracterizem a camada coesa e a sua localização no perfil do solo Santana (2002), avaliou a resistência

do solo à penetração, a macroporosidade e a densidade do solo. Segundo o autor, a densidade do solo não foi considerada um bom atributo, devido sofrer interferência da granulometria do solo na manifestação dos seus valores, bem como, devido à observação de resultados elevados em solos arenosos não coesos, o que representa uma dificuldade na utilização isolada desse atributo. A condutividade hidráulica saturada se revelou um atributo bastante adequado para avaliar a coesão, pois reduziu drasticamente seu valor nos horizontes coesos, no entanto, devido à dificuldade na sua medição e à correlação positiva com os macroporos, foi reforçada a indicação desse último atributo, já que o mesmo é de fácil medição. Já a resistência à penetração apresentou o melhor comportamento, tendo como limitação a necessidade de sua avaliação em ampla faixa de umidade do solo, para que seja estabelecido o ponto crítico em que a coesão passa a se manifestar.

A utilização da resistência à penetração como um atributo quantitativo para ser utilizado na identificação do horizonte com caráter coeso também foi sugerido, tendo em vista que consiste em uma medida eficiente para a caracterização do comportamento coeso e por se tratar de um método de fácil obtenção no campo (Melo Filho, et al.,2007).

2.3 Práticas agrônômicas voltadas para melhoria física de solos coesos

O preparo do solo visa à melhoria das condições físicas do leito de sementes e/ ou raízes, proporcionando-lhe benefícios na aeração, infiltração de água e disponibilidade de nutrientes para as plantas, além da redução da resistência do solo à penetração radicular, para que as plantas possam se desenvolver adequadamente (Rezende, 2013).

Nos Latossolos Coesos dos Tabuleiros Costeiros, o preparo convencional com grade pesada, transporta para a camada superficial material da camada coesa subjacente, geralmente mais argilosa, mais ácida, pobre em nutrientes, com baixa CTC (Rezende et al., 2002). Neste contexto, a prática de subsolagem vem sendo utilizada com sucesso, em solos com problemas de compactação e/ou adensamento, consistindo no rompimento das camadas densas com espessura maior do que 35 cm. Esta prática é feita por meio de subsoladores, cujos órgãos ativos são hastes que rompem o solo mantendo a ordem natural de seus horizontes, isto é, sem inverter a leiva (diferente, portanto, do que ocorre quando do uso do arado de aiveca, por exemplo).

A subsolagem melhora a estrutura das camadas densas, facilitando a aeração, o armazenamento de água, a disponibilidade de nutrientes e a penetração radicular ao longo do perfil do solo, proporcionando, por consequência, maiores produtividades do sistema

de produção agrícola. Há mais de trinta anos, Oliveira (1967) e Haynes (1970), já recomendavam esta prática, como forma de romper camadas coesas de solos dos Tabuleiros Costeiros. Entretanto, Pereira (2002), comenta sobre contradições existentes na literatura quanto à duração e eficácia dos efeitos da subsolagem. Segundo Beltrame et al. (1981), a prática proporciona resultados imediatos, tais como: aumento da macroporosidade e da taxa de infiltração da água, com diminuição do deflúvio superficial; melhora a drenagem interna e a aeração do solo, com conseqüente, melhoria do desenvolvimento radicular das plantas.

Diversos pesquisadores, a exemplo de Carvalho et al. (1998), Rezende (2000), Carvalho (2000), Lopes (2001), recomendam a associação da prática da subsolagem com plantio de espécies vegetais que possuam sistema radicular profundo e vigoroso, objetivando facilitar a descompactação do solo pelas raízes, o que proporcionaria resultados mais duradouros. Lopes, (2001), também considera que apenas a prática da subsolagem não consegue recuperar a qualidade estrutural do solo, devendo, portanto, ser associada a outras práticas de manejo, como, por exemplo, o uso de leguminosas com sistema radicular agressivo, como crotalárias, sesbania, guandu e outras, cujas raízes chegam a atingir profundidades superiores a 40 cm.

A melhoria da estrutura de solos adensados pode ser feita também por meio de práticas biológicas. Carvalho (2000), procurando identificar plantas com sistemas radiculares agressivos, isto é, com alto poder relativo de penetração de raízes avaliou o desenvolvimento das leguminosas – crotalária juncea (*Crotalária juncea* L.), crotalária vistosa (*Crotalária spectabilis* L.), feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mills), mucuna preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy), fedegoso (*Senna occidentalis* L.), calopogônio (*Calapogônio mucunoides* Desv.) bem como das gramíneas - braquiária umidícola (*Brachiaria umidicola* (Rendle) Schweikerdt) e camerum (*Penisetum purpureum* Schum) - em solos coesos de Tabuleiros Costeiros. O autor verificou que a crotalária juncea, o calopogônio e o braquiária umidícola, que apresentaram maiores porcentagens de raízes além da camada coesa do solo, comportando-se como verdadeiros “subsoladores biológicos”.

Dentre os sistemas de manejo mais conservacionistas pode-se citar os povoamentos florestais homogêneos, cujo objetivo é aproveitar ao máximo o uso do solo e promover uma maior cobertura e proteção, reduzindo as perdas de solo, água e nutrientes por erosão e ou lixiviação. Martins et al. (2002) comprovaram que houve alterações benéficas promovidas por esse sistema, especialmente com relação a

capacidade do solo de armazenar e disponibilizar água para as plantas, além de promover uma maior qualidade estrutural do solo, principalmente em razão do aporte de matéria orgânica. Esse efeito é oposto ao que ocorre com o sistema de manejo convencional que, quando adotados por longos períodos, causam redução nos teores de matéria orgânica, prejudicando a estrutura do solo e reduzindo infiltração de água pelo aumento da densidade do solo (Bertol et al., 2015), além de outros efeitos sobre os demais atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Šimanský, et al., 2013).

Devido à grande importância da matéria orgânica nas propriedades químicas, físicas, e biológicas dos solos intemperizados em ecossistemas tropicais, a exemplo dos Latossolos (Vasconcelos et al., 2010), ela tem sido objeto de muitos estudos, buscando entender suas principais transformações e seu comportamento nos agroecossistemas, principalmente quando nos casos dos solos coesos, naturalmente de menor qualidade física quando comparado a outros Latossolos não coesos.

Com isso, estudos que avaliam práticas sustentáveis, a exemplo da utilização de plantas com sistemas radiculares mais profundos poderá constituir uma alternativa de manejo mais adequado aos solos da região dos Tabuleiros Costeiros, devido ao efeito físico que as mesmas poderá exercer no rompimento da camada coesa, bem como pelo incremento da matéria orgânica em profundidade no perfil, elevando com isso a qualidade física, química e biológica do solo (Machado et al., 2014).

2.4 SEALBA: Nova fronteira agrícola da região Nordeste para produção de grãos

Dentre as áreas de produção agrícola do Nordeste do Brasil, uma região formada por um conjunto contínuo e interligado de municípios dos estados de Sergipe, Alagoas e nordeste da Bahia foi identificada por técnicos da Embrapa Tabuleiros Costeiros como sendo de alto potencial agrícola, todavia ainda pouco explorado. Essa nova organização territorial foi denominada de Sealba, um acrônimo formado pelas siglas dos estados componentes (Hirakuri et al., 2016).

A região da Sealba é formada por 171 municípios, sendo 69 municípios localizados em Sergipe, 74 em Alagoas e 28 na Bahia. Em termos de área, 33,2% da área do Sealba se encontram no estado de Sergipe (1.707.815 ha), 36,1% em Alagoas (1.859.438 ha) e 30,7% na Bahia (1.581.688 ha), totalizando 5.148.941 ha (Procópio et al., 2016).

Mais recentemente, pesquisas agropecuárias foram iniciadas, com foco nesta nova fronteira agrícola, que além dos aspectos edafoclimáticos, possui vantagens estratégicas

e logísticas, que podem causar impactos socioeconômicos positivos na região Nordeste do Brasil. Os diferentes estudos conduzidos envolvem produção pecuária (avicultura, caprinocultura, ovinocultura e bovinocultura, entre outros) e/ou produção agrícola, com foco em culturas atualmente produzidas no SEALBA ou potenciais, como soja, milho e algodão com elevado nível de produção (Procópio et al.,2016).

A região dos Tabuleiros Costeiros do Sealba caracteriza-se por ser uma região costeira, com altitudes em torno de 100 m e predominância do bioma Mata Atlântica. O período chuvoso inicia-se na última quinzena de abril e se estende até a primeira quinzena de setembro, período suficiente para a condução de uma safra de soja. Predominam na região os Argissolos e Latossolos. Por ser um cultivo de outono/inverno a amplitude térmica dessa região é bastante favorável a produção vegetal, variando de 19 a 28 °C (Hirakuri et al., 2016).

Estudos sobre a produtividade da soja na região, mostraram produtividade média das cultivares BRS próximas as médias nacionais, com perspectivas em alguns anos acima das médias dos estados pertencentes a região do Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Oeste da Bahia), o que representa um bom desempenho em áreas ainda não consolidadas no cultivo dessa oleaginosa, pois a maioria das áreas utilizadas para a realização dos experimentos nunca tinham sido cultivadas anteriormente com soja (Hirakuri et al., 2016).

A introdução e consolidação do cultivo de soja na região do Sealba contribui para a diversificação de culturas, ou seja, constitui alternativa para a quebra das monoculturas da cana-de-açúcar e milho, e diminuindo, com isso, a vulnerabilidade a crises sistêmicas inerentes ao monocultivo tradicional dessas culturas na região (Procópio et al.,2016).

As áreas de produção comerciais de soja vêm aumento nos últimos dois anos na região, e deve continuar crescente na safra 2018. Desse modo, a região do Sealba pode se transformar, em médio prazo, em um importante polo brasileiro de produção de soja, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social, principalmente no Nordeste do Brasil.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

BELTRAME, L. F. S.; GONDIM, L. A. P.; TAYLOR, J. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.5, p.145-149, 1981.

BENNEMA, J.; JONGERIUS, A.; LEMOS, R. B. Micromorphology of some oxic and argillic horizons in South Brazil in relation to weathering sequences. *Geoderma*, v. 4, p. 333-355, 1970.

BERTOL, I.; BARBOSA F. T.; BERTOL, C.; LUCIANO, R. V. Water infiltration in two cultivated soils in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v.39, n. 2, p.573-588, 2015.

BEZERRA, C.E.E; FERREIRA, T.O.; ROMERO, R.E.; MOTA, J.C.A.; VIEIRA, J.M.; DUARTE, L.R.S.; COOPER, M. Genesis of cohesive soil horizons from Northeast Brazil: role of argilluviation and sorting of sand. *Soil Research*, v. 53, p. 43-55,2015.

CARVALHO, S.R.L de. Identificação, caracterização e cinética do crescimento de leguminosas e gramíneas com alto poder relativo de penetração de raízes em solo coeso dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano (Etapa I), 2000. 115 p. Tese Mestrado em Ciências Agrárias, Escola de Agronomia, UFBA, Cruz das Almas, 2000.

CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; CURI, N.; TORRES, T. C. P. Caracterização Física, Química, Mineralógica e Micromorfológica de Horizontes Coesos e Frágipãs de Solos Vermelhos e Amarelos do Ambiente Tabuleiros Costeiros. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 297-313, jan./fev. 2008.

DANIELLS, I.G. Hardsetting soils: a review. *Soil Research*, 50, p. 349-359, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3a ed. Rio de Janeiro:Embrapa Solos. 2013. 306 p.

GIAROLA, N. F. B.; LIMA, H. V. de; ROMERO, R. E.; BRINATTI, A. M.; SILVA, A. P. da. Mineralogia e Cristalografia da fração argila de horizontes coesos de solos nos Tabuleiros Costeiros. *Viçosa*, v. 33, n. 1, p. 33-40, jan./fev. 2009.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P. Conceitos sobre solos coesos e hardsetting. *Scientia Agricola*, v. 59, p. 613-620, 2002.

HAYNES, J. L. Uso agrícola dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil, um exame das pesquisas. Recife: SUDENE, 1970. 739p. 19 IBGE. Produção Agrícola Municipal. Disponível em : acesso em 23 de agosto, 2018

HIRAKURI, H.M.; JUNIOR, B.A.A., PROCÓPIO, O.S.; CASTRO, Perspectiva geral para a introdução da soja nos sistemas de produção agrícola da região do Sealba. **EMBRAPA**, 38p.2016.

JACOMINE, P.K.T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. *In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS*, 2001, Aracaju. **Anais**. Aracaju: EmbrapaTabuleirosCosteiros, 2001. p.19-46

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, v5, p. 17-40, 1998.

LIMA NETO, J. de A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; SOUZA JÚNIOR V. S. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LIMA, J. F. W.F. Atributos Químicos, Mineralógicos e Micromorfológicos de Horizontes Coesos de Latossolos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Estado De Alagoas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 473-486, mar/ abr. 2010.

LIMA, H. V., SILVA, A. P., JACOMINE, P. T. K., ROMERO, R. E., LIBARDI, P. L. Identificação e caracterização de solos coesos no estado do Ceará. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 28, p. 467- 476. 2004.

LOPES, L. C. Avaliação de práticas culturais na melhoria das propriedades físicas de um LATOSSOLO AMARELO álico coeso, cultivado com as variedades de mamão “Sunrise solo” e Tainung nº 1. 2001 - Dissertação Mestrado em Ciências Agrárias pela Escola de Agronomia da Universidade da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2001.

MACHADO, L. V.; RANGEL O. P.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 289-299, jul./set. 2014.

MELO FILHO, J. F. de; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. da S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 31, p .1599-1608. 2007.

MOREAU, A.M.S.S.; COSTA, L.M. DA; KER, J.C.; GOMES, F.H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 30, p. 1021-1030, 2006.

OLIVEIRA, L. B. O estudo físico do solo e a aplicação racional de técnicas conservacionistas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, v.2, p.281-285, 1967.

PEREIRA, J. O; SILQUEIRA, J. A. C; URIBE-OPAZO, M. A; SILVA, S de L. Resistência do solo à penetração em função do sistema de cultivo e teor de água do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.6, p.171-174, 2002.

PROCÓPIO, O.S.; SANTIAGO, D.A.; LEMOS, W.H. Desempenho e Recomendação de Cultivares de soja BRS para a região dos Tabuleiros Costeiros do Sealba.**EMBRAPA**,18p.2017.

REZENDE, J. O. Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo. *Série estudos agrícolas*, 1. SEAGRI, Brasil, 117p,200.

REZENDE, J.O. Plantio direto de citros: mito ou realidade? *Revista Bahia Agrícola* 4: 72-85,2013.

REZENDE, J.O., Magalhães, A.F.J., Shibata, R.T., Rocha, E.S., Fernandes, J.C., Brandão, F.J.C., Rezende, V.J.R.P. Citricultura Nos Solos Coesos Dos Tabuleiros Costeiros: análise e sugestões. SEAGRI/SPA, Salvador, Brasil. 97 p,2002.

REZENDE, J.O.; MAGALHÃES, A.F.J.; SHIBATA, R.T.; ROCHA, E.S.; FERNANDES, J.C.; BRANDÃO, F.J.C.; REZENDE, V.J.R.P. **Citricultura nos solos coesos dos tabuleiros costeiros**: análise e sugestões. Salvador: SEAGRI, SPA, 2002. 94p. (Série Estudos Agrícolas, 3).

SANTANA, M.B. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores da coesão em dois solos dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia. Viçosa, 2002. 73p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

ŠIMANSKÝ, V.; BAJČAN, D.; DUCSAY, L. The effect of organic matter on aggregation under different soil management practices in a vineyard in an extremely humid year. **Catena**, v.101, p.108–113, 2013.

VASCONCELOS, R. F. B.; CANTALICE, J. R. B.; SILVA, A. J. N.; OLIVEIRA, V. S.; SILVA, Y. J. A. Limites de consistência e propriedades Químicas de um Latossolo Amarelo Distrocoeso sob aplicação de diferentes resíduos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.3, p.639-648, 2010.

WRB - **World Reference Base for Soil Resources**. Rome, World Soil Resources Reports 103, 2006. 14p. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/doc/wrb2006final.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2006.

CAPÍTULO 2

RIBEIRO, Letícia da Silva. **Comportamento físico de Latossolos Amarelos coesos e não coesos do Nordeste do Brasil**. 2018, Cap. 2, p.20. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI.

COMPORTAMENTO FÍSICO DE LATOSSOLOS AMARELOS COESOS E NÃO COESOS DO NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

Os horizontes coesos são reconhecidos como potencialmente limitantes ao desenvolvimento das plantas, devido à elevada resistência do solo à penetração quando seco, elevados valores de densidade do solo e redução da condutividade hidráulica. Tal fato, afeta o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o teor de água disponível, a aeração e a absorção de nutrientes, constituindo um inibidor físico que influencia negativamente a produção agrícola. Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o comportamento físico de Latossolos Amarelos coesos e não coesos dos Tabuleiros Costeiros no Nordeste do Brasil. Para o estudo foi selecionado dois perfis de solos com expressiva manifestação do caráter coeso, ambos classificados como Latossolo Amarelo distrocoeso típico, no município de Cruz das Almas, região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e um perfil sem a presença do caráter coeso, no município de Palmeira do Piauí, região do Cerrado piauiense. Os solos foram descritos morfológicamente, e amostras dos horizontes coesos e não coesos foram coletadas para execução de análises físicas. A caracterização morfológica constatou a presença de horizontes com caráter coeso tanto nas áreas sob mata nativa quanto nas áreas sob cultivo, confirmando sua natureza pedogenética na região dos Tabuleiros Costeiros. As frações de areia muito grossa e grossa está associada a gênese desses horizontes com caráter coeso, permitindo um melhor arranjo das partículas tornando o perfil mais adensado e sujeito a cimentação. A maior proporção das frações areia muito grossa e grossa verificada nos solos coesos, contribuiu para elevar os valores de densidade do solo, microporosidade e resistência a penetração, com redução da relação macro/microporosidade e condutividade hidráulica.

Palavras-chave: Solos coesos, caracterização, qualidade física.

PHYSICAL BEHAVIOR OF YELLOW LATOSOLOS COESOS AND NOT COESOS OF THE NORTHEAST OF BRAZIL

ABSTRACT

RIBEIRO, Letícia da Silva. **Physical behavior of cohesive and non-cohesive Yellow Latosols of Northeast Brazil**. 2018, Chap. 2, p. 19. Dissertation (Masters in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí State, Brazil.

The cohesive horizons are recognized as potentially limiting to the development of plants due to the high soil resistance to penetration when dry, high values of soil density and reduction of hydraulic conductivity. This fact affects the development of the plant root system, of available water, aeration and absorption of nutrients, constituting a physical inhibitor that negatively influences agricultural production. In this sense, the objective of this work was to evaluate the physical behavior of Cohesive and non-cohesive Yellow Latosols of the Coastal Tablelands in Northeast Brazil. For the study, two profiles of soils with expressive cohesive character were selected, both classified as Typical Yellow Latosol, in the municipality of Cruz das Almas, in the region of Tabuleiros Costeiros da Bahia and a profile without cohesive character, in the municipality of Palmeira do Piauí, region of the Cerrado of Piauí. Soils were morphologically described, and samples of cohesive and non-cohesive horizons were collected for physical analysis. The morphological characterization verified the presence of horizons with cohesive character both in the areas under native forest and in the areas under cultivation, confirming its pedogenetic nature in the region of the Coastal Tracks. The very thick and coarse sand fractions are associated to the genesis of these horizons with a cohesive character, allowing a better arrangement of the particles, making the profile more densified and subject to cementation. The higher proportion of very thick and coarse sand fractions observed in cohesive soils contributed to increase the soil bulk density, microporosity and penetration resistance, with a reduction of macro / microporosity and hydraulic conductivity.

Keywords: Cohesive soils, characterization, physical quality.

1. INTRODUÇÃO

Diferenças marcantes entre os graus de consistência do solo seco e úmido, principalmente em termos de incremento do grau de consistência a seco (resistência), podem ser observadas em alguns horizontes de solos dos Tabuleiros Costeiros, nas regiões Sudeste e Nordeste do Brasil (Giarola et al., 2001). Esse tipo de comportamento de solo foi incorporado ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solo por meio da criação e utilização do designativo “coeso” (Embrapa, 2013).

O termo coeso tem sido utilizado no Brasil para designar horizontes minerais subsuperficiais do solo que apresentam um aumento acentuado na coesão entre as partículas, tornando-se duro, muito duro ou até extremamente duro quando seco e friável quando úmido (Jacomine, 1996). Nos últimos anos, os estudos sobre solos com caráter coeso têm se intensificado no Brasil, especialmente na região Nordeste (Vieira et al., 2012; Ramos et al., 2013; Dantas et al.; 2014; Lima et al., 2015).

Em outras partes do mundo, também tem sido reconhecida uma forma particular de comportamento de solo em que este se torna duro, quando seco, a ponto de dificultar ou mesmo impossibilitar o desenvolvimento das culturas, cessando esse impedimento no momento em que se torna úmido novamente. Esse comportamento na Austrália, foi identificado, mapeado e denominado como “hardsetting” (Northcote et al., 1979), sendo sugerido sua ocorrência no Brasil em áreas com ocorrência de solos coesos (Lima et al., 2014).

Os solos com comportamento hardsetting são de ocorrência sob climas que apresentam alternância entre períodos secos e úmidos. Esse caráter é observado em horizontes superficiais (cultivados e não cultivados) e subsuperficiais (não cultivados) com teores de matéria orgânica, normalmente inferior a 2% (Lima et al., 2014). As classes texturais variam de areia a argila-arenosa e a mineralogia da fração argila é dominada por caulinitas ou micas hidratadas (ilitas).

As características e a dinâmica de formação dos solos com horizontes coesos e hardsetting ainda não são de todo conhecidas. Sabe-se, porém, que ocorre de forma natural, podendo estar associada a vários processos, como: entupimento dos poros com argila iluvial;

presença de compostos orgânicos poucos polimerizados; presença e acúmulo de sílica secundária, óxido de Fe e argila dispersa nos microporos; e adensamento por dessecação resultante da alteração da estrutura do solo pela alternância de ciclos de umedecimento e secagem (Giarola et al., 2001).

É provável, no entanto, que a maioria desses processos ocorra simultaneamente, e que a intensidade com que as camadas coesas sejam formadas esteja relacionada às variações climáticas e morfopedológicas existentes nas diferentes unidades geoambientais que compõem os Tabuleiros Costeiros (Giarola et al., 2009).

Os horizontes coesos são reconhecidos como potencialmente limitantes ao desenvolvimento das plantas, devido à elevada resistência do solo à penetração quando seco, elevados valores de densidade do solo e redução da condutividade hidráulica (Rezende, 2000). Tal fato, afeta o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o teor de água disponível, a aeração e a absorção de nutrientes, constituindo um inibidor físico que influencia negativamente a produção agrícola (Rezende, 2000). A pobreza em nutrientes associada com a alta saturação por alumínio, alta acidez ativa e trocável constitui também um inibidor químico, dificultando, além do desenvolvimento radicular a atividade microbiana do solo (Vieira et al., 2012).

Neste sentido, por constituir os Tabuleiros Costeiros, uma área importante para a produção agrícola, principalmente no Nordeste do Brasil, objetivou-se no presente estudo, avaliar o comportamento físico de Latossolos Amarelos coesos e não coesos nos Tabuleiros Costeiros da Bahia e no Cerrado piauiense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização das áreas de estudo e caracterização

Foram descritos e coletados, dois perfis de solos com expressiva manifestação do caráter coeso, ambos classificados como Latossolo Amarelo distrocoeso típico (P1 e P2), localizados na cidade de Cruz das Almas, região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e um perfil sem a presença do caráter coeso, classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico, localizado na cidade de Palmeira-PI, região do cerrado piauiense (P3).

Para a região de Cruz das Almas, o clima é do tipo As (tropical quente e úmido), segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica média anual de 1.170 mm, variando entre 900 a 1.300 mm, sendo os meses de março a agosto os mais chuvosos, e setembro a fevereiro os mais secos. A temperatura média anual é de 24,1 °C, evapotranspiração potencial de 1.267 mm anuais, e excedente hídrico em junho, julho e agosto. O relevo da região é tipicamente plano, característico da unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros.

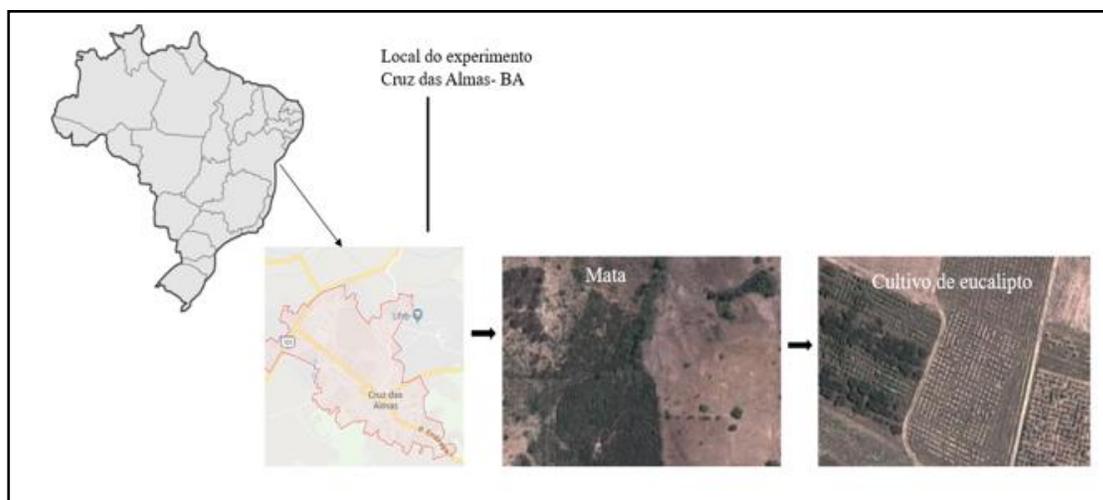


Figura 1: Localização da área de estudo de perfis de Latossolo Amarelo coeso sob mata e cultivo de eucalipto na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia (Perfil 1 e 2)

Para a região de Palmeira do Piauí, o clima é do tipo Aw (tropical quente e úmido), segundo classificação de Köppen, com temperaturas e precipitação médias anuais de 26°C e 1000 mm respectivamente, com estação chuvosa de outubro a abril, sendo de janeiro a março o trimestre mais chuvoso com ocorrência de veranicos.

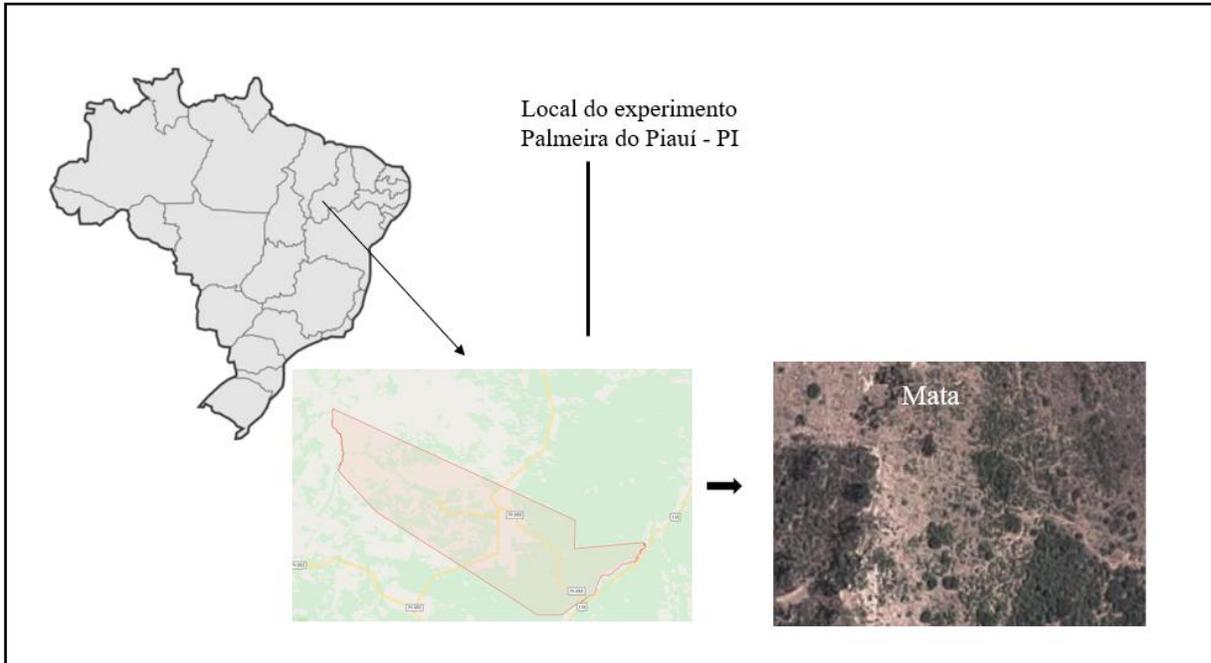


Figura 2: Localização da área de estudo de Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense (P3).

2.2 Análises morfológicas, físicas e químicas

A descrição morfológica e a determinação dos horizontes foram realizadas conforme definições descritas em Lemos e Santos (1996) e Jacomine (1996). Foram coletadas amostras dos diferentes horizontes para análises físicas.

Para cada horizonte foram determinadas por meio de amostras indeformadas a macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt), densidade do solo (Ds), condutividade hidráulica (K_0) e resistência do solo à penetração (RSP). Para determinação destes atributos utilizou-se amostrador de solos modelo Uhland, com cilindros medindo 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro.

A determinação das frações granulométricas do solo foi realizada pelo método da pipeta Ruiz 2005). Para a determinação do teor de argila dispersa em água (ADA) somente os passos de dispersão química e separação de areia não foram utilizados em relação ao método das frações granulométricas.

A condutividade hidráulica saturada (K_0) do solo foi determinada através da utilização de amostras sob condição de saturação pelo método do permeâmetro de carga

constante, e calculada de acordo com a equação de Darcy-Buckingham após a condição de regime estacionário de drenagem (Teixeira et al., 2017).

A porosidade total (Pt) foi calculada por meio da relação existente entre a densidade do solo (Ds) e a densidade de partículas (Dp), conforme método descrito por Teixeira et al. (2017).

A quantificação dos valores de macroporosidade e microporosidade foi obtida submetendo quatro amostras saturadas (por horizonte de cada perfil de solo) ao potencial de -6 kPa (Donagema et al., 2017), utilizando a mesa de tensão. A macroporosidade foi estimada pela diferença entre porosidade total e o conteúdo de água no solo após a aplicação do potencial de -6 kPa. O volume de microporos foi estimado como sendo o conteúdo de água retido no potencial de -6 kPa.

A determinação da resistência à penetração (RP) foi feita após o equilíbrio da umidade, obtida através da câmara de Richards, na tensão de 1 KPa. Posteriormente as amostras foram pesadas e submetidas à determinação da RP com um penetrógrafo eletrônico de bancada, modelo MA 933 da marca Marconi, com velocidade de penetração constante de 1 cm min⁻¹, sendo a determinação realizada no centro geométrico de cada amostra.

Após os ensaios de RP, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C, por 48 h, em seguida pesadas para a obtenção da massa seca utilizada no cálculo de Ds, de acordo com Teixeira et al. (2017).

Para as determinações químicas, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2mm. Foram determinadas em cada amostra de solo o pH em água (1:2,5), a acidez trocável (Al³⁺) extraída com KCl 1 mol L⁻¹ e quantificada por titulometria com hidróxido de sódio 0,025 mol L⁻¹ e a acidez potencial (H+Al), determinada pelo método do acetato de cálcio a pH 7 (Teixeira et al., 2017).

O fósforo (P), sódio (Na⁺) e o potássio (K⁺) foram extraídos pela solução de Mehlich⁻¹ e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. Cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e determinado pelo método complexométrico com emprego de EDTA para titulação. A partir dos valores de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e H+Al foram calculados os índices soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions efetiva (t) e potencial (T), a porcentagem de saturação por bases (V%) e alumínio (m%) (Teixeira et al., 2017).

Os valores de matéria orgânica foram calculados com base nos teores de carbono orgânico. Para determinação as amostras de solo foram trituradas em almofariz quantificando-se o carbono por oxidação via úmida, utilizando $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,667 \text{ mol L}^{-1}$ em meio sulfúrico, sem aquecimento externo (Walkley e Black, 1934). A quantificação do teor de carbono foi feita por colorimetria, utilizando filtro de transmissão máxima de 650 nm, conforme Cantarella et al. (2001). Os valores de matéria orgânica foram calculados com base nos teores de carbono orgânico.

Tabela 1. Análise química de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense.

Horizonte	Profundidade	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al ³⁺	SB	CTC	V	m
	cm	H ₂ O	mgdm ³					Cmolcdm ⁻³			%	
Latossolo Amarelo distrocoeso sob mata (P1)												
A	0-18	4,6	1	0,01	0,05	0,74	0,5	2,86	0,60	3,66	22	13,66
AB	18-35	4,5	1	0,01	0,06	0,68	0,7	2,86	0,74	3,60	21	19,44
BA	35-55	4,5	1	0,01	0,06	0,62	0,6	3,74	0,68	4,42	15	13,57
BW ₁	55-100	4,9	1	0,01	0,07	0,87	0,5	2,20	0,97	3,17	31	15,77
BW ₂	100-145	5,0	1	0,01	0,06	0,63	0,3	2,75	0,86	3,61	24	8,31
Latossolo Amarelo distrocoeso sob cultivo (P2)												
A	0-13	4,6	1	0,01	0,07	0,63	0,6	3,41	0,70	4,11	17	14,59
AB	13-42	4,6	1	0,01	0,01	0,70	0,7	2,86	0,72	3,58	20	19,55
BA	42-84	4,5	1	0,01	0,01	0,69	0,6	2,53	0,32	3,25	22	18,46
BW ₁	84-112	5,2	3	0,01	0,02	0,91	0,2	1,87	1,04	2,91	36	6,87
BW ₂	112-203	5,0	2	0,01	0,02	0,87	0,3	3,08	0,97	4,05	24	7,40
Latossolo Amarelo não coeso sob mata (P3)												
A	0-20	5,3	3	0,16	0,04	0,61	0,2	2,31	1,25	3,56	35	5,61
AB	20-35	5,1	2	0,11	0,03	0,71	0,3	2,20	0,85	3,05	28	9,83
BA	35-60	5,0	1	0,19	0,06	0,56	0,5	2,75	0,81	3,56	23	14,00
BW ₁	60-110	4,3	1	0,15	0,06	0,53	0,3	2,97	0,56	3,63	25	8,26
BW ₂	110-210	4,0	1	0,16	0,06	0,59	0,6	2,20	0,85	3,43	22	17,49

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização morfológica

Foram verificadas variações em cor, consistência e estrutura entre os horizontes dos solos. Todos os perfis apresentaram seqüência de horizontes A, AB, BA, Bw₁ e Bw₂, sendo todos muito profundos (Tabela 1).



Figura 3. Perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia (a e b) e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense (c).

Para os perfis 1 e 2, respectivamente Latossolo Amarelo distrocoeso sob mata e sob cultivo de eucalipto, constatou-se a presença de horizontes com diferenças marcantes entre os graus de consistência do solo seco e úmido, apresentando-se muito duro a extremamente duro, quando secos, friável a firme, quando úmidos, o que caracteriza a presença de horizontes coesos (Embrapa, 2013). Estas características foram observadas, tanto nas áreas sob mata, como nas áreas sob cultivo, sendo, portanto, consideradas de natureza pedogenética. Os solos dos Tabuleiros Costeiros também apresentaram consistência plástica e pegajosa nos horizontes coesos.

O caráter coeso, está presente nos horizontes BA dos solos da região dos Tabuleiros Costeiros, podendo se estender para o horizonte Bw₁ (Perfis 1 e 2), dentro da profundidade

característica da presença destes horizontes (Tabela 1). O carácter coeso encontra-se em condições naturais, principalmente nos horizontes transicionais AB e, ou, BA, podendo atingir o Bw (Ribeiro, 2001a), corroborando a descrição de campo do presente estudo. Dantas et al. (2014), investigando solos coesos em Tabuleiros Costeiros da região leste maranhense, concluíram que o aspecto maciço, compacto e coeso é maior nas áreas de relevo plano.

Tabela 2. Características morfológicas de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense.

Horizonte	Profundidade	Cor		Estrutura	Consistência				
		Seca	Úmida		Seca	Úmida	Molhada	Presença de raízes	
	Cm	Munsell							
Latossolo Amarelo distrocoeso sob mata – (P1)									
A	0-18	5YR5/3	5YR 4/2	2 P M Gr	LD	MFr	LgPI LgPe	comuns	
AB	18-35	5YR 5/3	5YR 4/3	2 P M Gr	D	Fr	LgPI LgPe	comuns	
BA	35-55	5YR 6/3	5YR 5/3	Mc MCo	MD	Fi	PI Pe	poucas	
BW ₁	55-100	5YR 7/4	5YR 7/6	1 P M Bls	MD	Fr	PI Pe	poucas	
BW ₂	100-145	5YR5/6	5YR 6/6	1MP M Bls AMc	D/MD	Fr	PI Pe	raras	
Latossolo Amarelo distrocoeso sob cultivo – (P2)									
A	0-13	2,5YR 6/3	2,5YR5/3	Mc Mco 1 P M Bls	MD	Fr	PI Pe	comuns	
AB	13-42	2,5YR 5/3	2,5YR4/3	Mc Mco 1 P M Bls	MD	Fr	PI Pe	poucas	
BA	42-84	2,5 YR5/6	2,5YR5/3	Mc Mco 1 P M Bls	MD	Fr	PI Pe	raras	
BW ₁	84-112	2,5YR 6/4	2,5YR 5/4	1 MP P Bls	MD	Fr/Fi	PI Pe	raras	
BW ₂	112-203	2,5YR 6/6	2,5YR 5/6	1 MP P Bls CPMp	D	Fi	PI Pe	raras	
Latossolo Amarelo não coeso sob mata – (P3)									
A	0-20	5YR 5/3	5YR 3/2	2 P M Gr	LD	Fr	Npl / Pe	muitas	
AB	20-35	5YR 6/3	5YR 5/2	2 P M Gr	LD	Fr	Npl / LgPe	muitas	
BA	35-60	5YR 7/3	5YR 7/4	2 P Bls	LD	Fr	Npl / LgPe	comuns	
BW ₁	60-110	5YR 7/4	5YR 7/6	2 P Gr	LD	Fr	Lgpl / LgPe	comuns	
BW ₂	110-210	5YR 6/6	5YR 7/6	2 P Gr	LD	Fr	Lgpl / LpPe	poucas	

Estrutura: 1 – fraca; 2 – moderada; MP – muito pequena; P – pequena; M – média; Gr – granular; Bls – blocos angulares; Bls – blocos subangulares; Mc – maciça; Mco – moderadamente coesa; Co – coesa. Consistência: Ma – macia; LD – ligeiramente dura; D – dura; MD – muito dura; ED – extremamente dura; MFr – muito friável; Fr – friável; Fi – firme; MFi – muito firme; Lg – ligeiramente; PI – plástica; Pe – pegajosa; N – não.

Quanto ao desenvolvimento do sistema radicular, descrito em campo, os horizontes classificados como coesos apresentaram significativa redução na quantidade e diâmetro das raízes, variando de poucas a raras.

No entanto, destaca-se que a elevada resistência à penetração nos horizontes coesos, principalmente, quando secos, dificulta o desenvolvimento radicular das plantas, logo, as raízes tendem a se concentrar acima da camada coesa, ou seja, próxima da superfície. Apesar de serem considerados profundos, os solos dos Tabuleiros Costeiros possuem profundidade efetiva reduzida pela presença de horizontes coesos, que prejudica a dinâmica da água ao longo do perfil (Vieira et al., 2012).

O perfil 1 foi verificado um ligeiro aumento na presença de raízes nos horizontes coesos em relação ao perfil 2, devido ao maior poder de penetração e presença de raízes pivotantes nas espécies da vegetação nativa.

O perfil 2 apresenta estrutura maciça moderadamente coesa e fraca, pequena à média granular e blocos subangulares no horizonte A. Já os perfis 1 e 3 apresentam nos horizontes superficiais estrutura granular pequena à média e moderada. Como o perfil 2 apresenta-se sob cultivo, o mesmo pode causar mudança na morfologia dos horizontes superficiais (A e AB), com sensível perda de estrutura (Ramos, 2013).

A estrutura dos horizontes coesos apresenta-se maciça coesa e/ou moderadamente coesa com a presença ou não de partes com estrutura fraca pequena à média em blocos subangulares. Perfis descritos na Reunião Técnica sobre Solos Coesos de Tabuleiros Costeiros, em 1996 na Bahia, mostram solos coesos com estrutura fraca pequena à média blocos subangulares associados com fragmentos coesos. Estes casos podem ser explicados por áreas com maior concentração de matéria orgânica (Ribeiro,2001).

Tabela 3. Análise granulométrica de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense

Horizonte	Profundidade	Areia ¹						Silte	Argila	ADA ²	Classe Textural
		MG	G	M	F	MF	AT				
	Cm	----- g kg ⁻¹ -----									
Latossolo Amarelo distrocoeso sob mata – (P1)											
A	0-18	45	216	242	198	34	735	28	237	181	Franco-argiloarenosa
AB	18-35	37	136	177	237	50	655	63	300	244	Franco-argiloarenosa
BA	35-55	31	189	193	233	48	694	21	285	160	Franco-argiloarenosa
BW ₁	55-100	31	150	210	179	58	628	24	348	10	Argilo-arenosa
BW ₂	100-145	26	150	184	182	46	588	40	372	3	Argilo-arenosa
Latossolo Amarelo distrocoeso sob cultivo – (P2)											
A	0-13	36	160	210	260	54	720	80	200	174	Franco-argiloarenosa
AB	13-42	32	132	195	217	74	650	55	295	253	Franco-argiloarenosa
BA	42-84	37	126	152	191	76	582	75	345	260	Franco-argiloarenosa
BW ₁	84-112	30	88	129	156	80	483	82	435	10	Argilo-arenosa
BW ₂	112-203	22	122	96	141	59	440	40	520	5	Argilo-arenosa
Latossolo Amarelo não coeso sob mata– (P3)											
A	0-20	4	43	278	480	79	884	15	101	251	Areia franca
AB	20-35	2	36	241	492	108	879	21	100	251	Areia franca
BA	35-60	1	31	223	478	67	800	25	176	0	Franco-arenosa
BW1	60-110	2	36	223	398	99	758	16	226	0	Franco-argiloarenosa
BW2	110-210	1	36	213	373	90	713	35	251	0	Franco-argiloarenosa

¹MG = muito grossa (2-1 mm), G = grossa (1-0,5 mm), M = média (0,5-0,25 mm), F = fina (0,25-0,1 mm), MF = muito fina (0,1- 0,05 mm), AT = areia total. ²ADA = argila dispersa em água.

3.2 Caracterização física

Os dados da composição granulométrica mostram predomínio da fração argila até o horizonte BA dos solos coesos (P1 e P2) de forma que a classe textural franco argilo-arenosa nos horizontes coesos, coincide com o aumento proporcional dos teores de argila total (Tabela 2). Já no solo não coeso há predomínio de textura mais arenosa até o horizonte BA. Para a fração areia, verifica-se nos perfis dos solos coesos (P1 e P2) um predomínio das frações areia muito grossa e grossa, no entanto, para o P3, nota-se uma quase ausência dessas frações e um expressivo aumento das frações areia média e fina em relação aos solos coesos.

De forma geral, todos os perfis estudados apresentam baixos teores de silte. De acordo com Moreau et al. (2006), os baixos teores de silte e, conseqüentemente, da relação silte/argila devem-se ao elevado grau de intemperismo destes solos, bem como ao fato dos solos dos Tabuleiros Costeiros (Perfis 1 e 2) serem produtos da alteração de sedimentos pré-intemperizados. Já, os maiores valores da relação silte/argila observados nos horizontes superficiais deve-se, a perda relativa de argila na superfície por eluviação ou dissolução (Giarola e Silva, 2002).

Apesar dos horizontes BA (P1 e P2) e Bw₁ (P3) estarem na mesma classe textural (Tabela 2), o maior teor de argila no BA, possivelmente contribuiu para maior coesão neste horizonte, em relação ao Bw₁ do solo não coeso (P3). A fração argila possui alta área superficial específica, aumentando a coesão do solo devido à atração entre as partículas por forças eletrostáticas quando o solo está com baixa umidade. A mineralogia caulínica contribui também para maior coesão predominante na fração argila dos solos dos Tabuleiros Costeiros, pois quando há predominância da caulinita na fração argila de solos intemperizados, há redução nos teores de óxidos de ferro e alumínio, os quais atuam como agentes desorganizadores das partículas de argila a nível microestrutural.

Os maiores valores de densidade do solo nos horizontes coesos em relação aos demais horizontes do perfil (Tabela 3), sugerem que este atributo é um importante indicador para avaliar a presença da camada coesa ao longo do perfil do solo. A densidade do solo dos horizontes coesos encontra-se na faixa de 1,5 a 1,68 Mg m⁻³, estando de acordo com a variação descrita por outros pesquisadores (Moreau, 2001; Corrêa, 2005).

Tabela 4. Volume total de poros (VTP), macro (Ma), microporosidade (Mi) e densidade do solo (Ds) de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense.

Horizonte	Profundidade	VTP m^3m^{-3}	Ma	Mi	Ma/Mi	Ds $mg\ m^{-3}$	Dp
Latossolo Amarelo distrocoeso sob mata (P1)							
A	0-18	0,372	0,207	0,165	1,254	1,60	2,55
AB	18-35	0,335	0,173	0,162	1,067	1,68	2,53
BA	35-55	0,380	0,171	0,209	0,818	1,61	2,60
BW ₁	55-100	0,398	0,207	0,191	1,083	1,57	2,61
BW ₂	100-145	0,437	0,231	0,206	1,121	1,43	2,54
Latossolo Amarelo distrocoeso sob cultivo (P2)							
A	0-13	0,363	0,220	0,143	1,538	1,63	2,56
AB	13-42	0,399	0,173	0,226	0,765	1,55	2,58
BA	42-84	0,417	0,162	0,255	0,635	1,52	2,61
BW ₁	84-112	0,450	0,250	0,200	1,250	1,43	2,60
BW ₂	112-203	0,461	0,234	0,227	1,030	1,39	2,58
Latossolo Amarelo não coeso sob mata (P3)							
A	0-20	0,623	0,335	0,288	1,163	0,96	2,55
AB	20-35	0,532	0,275	0,257	1,070	1,22	2,61
BA	35-60	0,476	0,276	0,200	1,380	1,31	2,50
BW ₁	60-110	0,542	0,281	0,261	1,076	1,23	2,69
BW ₂	110-210	0,582	0,294	0,288	1,020	1,12	2,68

Nos perfis 1 e 2, a densidade do solo é maior nos horizontes coesos (AB e BA), o que não ocorre no solo não coeso (P3). Na condição de cultivo, o P2 apresentou um aumento na densidade do solo no horizonte mais superficial (1,63 Mg m⁻³ no horizonte A), provavelmente decorrente da ação mecânica. Silva (1996) constatou que sob mata, a densidade do solo é maior no BA que nos demais horizontes. O mesmo autor afirmou que o adensamento do horizonte BA é de origem genética, sendo a drástica redução da porosidade observada, consequência do preenchimento de poros com argila iluvial.

Os microporos são poros responsáveis pela retenção da água no solo, enquanto os macroporos representam os poros responsáveis pela drenagem e aeração do solo. Nos solos estudados há uma estreita relação entre os teores de argila e a porosidade dos solos, onde os horizontes coesos apresentaram maior microporosidade e porosidade total.

Quando se avalia a relação macro/microporosidade, verificou-se valores mais elevados da relação nos horizontes do solo não coeso (P3), fato que também demonstra o menor agrupamento cerrado das partículas, quando se compara aos solos coesos. Destaca-se que a maior relação macro/microporosidade refletiu nos menores valores de densidade do solo, conforme verificado na tabela 3.

Os resultados da resistência do solo à penetração (RP) (Figura 1) retrataram que a mesma aumenta com a coesão do solo. Este comportamento pode ser considerado

indesejável em certos limites para o crescimento das plantas, o que pode ocasionar redução no desenvolvimento do sistema radicular (Lima et al., 2015).

No presente estudo, os solos apresentaram diferenças expressivas de resistência do solo à penetração ao longo do perfil. De modo geral, os valores foram elevados e ficaram acima do limite crítico de 3,0 Mpa principalmente, nos horizontes coesos (AB e BA) do perfil 1 e 2, indicando limitações físicas ao crescimento do sistema radicular das plantas durante grande parte do ano. Rezende (2000), estudando solos coesos do Nordeste brasileiro, também verificou o efeito negativo do aumento da resistência dos horizontes coesos no desenvolvimento do sistema radicular da laranja.

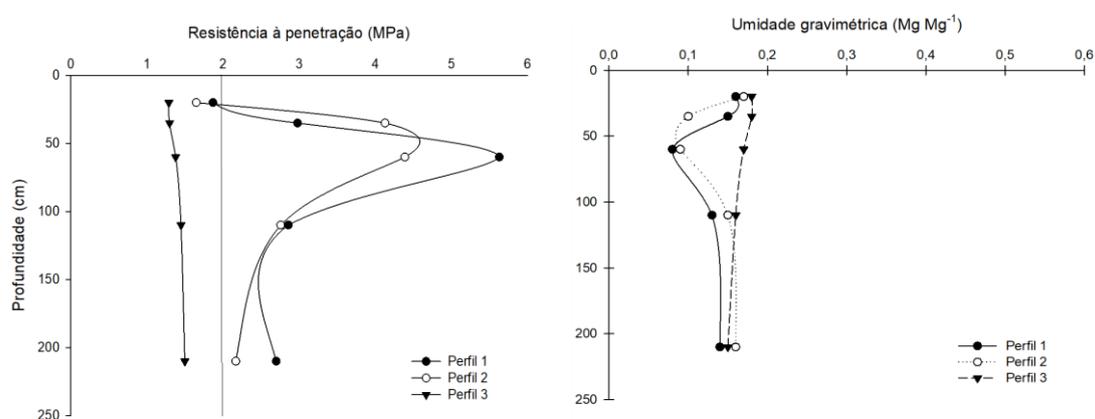


Figura 4. Resistência à penetração e umidade gravimétrica de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia (Perfil 1 e 2) e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense (Perfil 3).

Os resultados obtidos para a RP evidenciam que a mesma pode ser utilizada como indicador da coesão do solo, já que é uma medida bastante sensível e eficiente para a caracterização do comportamento coeso, como também, um método de fácil determinação.

A condutividade hidráulica no solo (K_0) diz respeito à infiltração, absorção, redistribuição e capacidade do solo em conduzir a água (Lima, 2004). No presente estudo, a baixa condutividade hidráulica saturada no horizonte coeso foi visível nos perfis 1 e 2, apresentando alta em superfície ($36,11 \text{ cm h}^{-1}$), seguida de redução considerável no horizonte coeso BA ($9,85 \text{ cm h}^{-1}$), com posterior aumento no horizonte Bw_2 ($26,26 \text{ cm h}^{-1}$). Tais resultados se dão em função do decréscimo da macroporosidade com o aumento da densidade do solo nos horizontes citados, uma vez que o movimento de água no solo está diretamente associado à porosidade de drenagem (Figura 2).

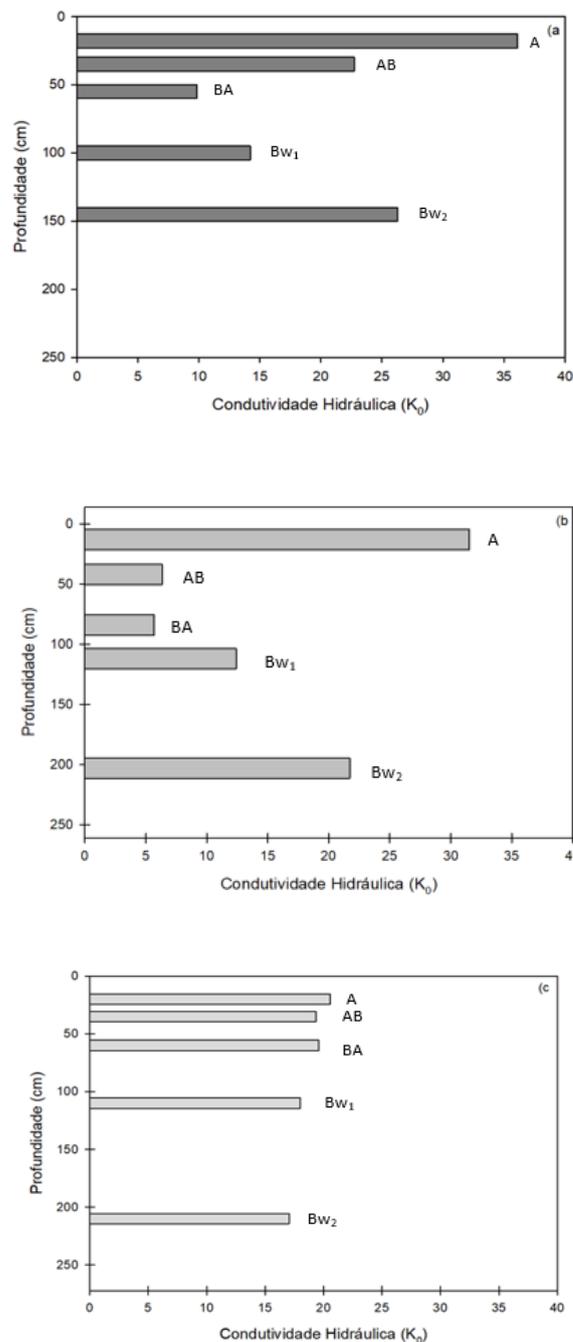


Figura 5. Condutividade hidráulica saturada (K_0) de perfis de Latossolo Amarelo coeso na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia (Perfil 1 e 2) e Latossolo Amarelo não coeso na região do Cerrado piauiense (Perfil 3).

Ao considerar o comportamento observado para os atributos morfológicos e físicos de Latossolos Amarelos coesos (perfis 1 e 2), em relação ao Latossolo Amarelo não coeso (P3), pode-se destacar que a maior presença das frações areia muito grossa e grossa, associadas ao maior teor de argila em Latossolos Amarelos coesos, contrasta com a presença de maior proporção de areia média e fina associada a menor proporção de

argila no solo não coeso. Tal fato é importante para o entendimento da camada coesa nos perfis 1 e 2 da região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia.

Provavelmente, o maior teor de argila total, associado a uma maior dispersão das mesmas, contribui para um maior entupimento dos macroporos, em função da maior presença das frações areia muito grossa e grossa entre os horizontes AB e BA de solos coesos, favorecendo a elevação dos valores de densidade do solo, microporosidade e resistência a penetração e redução da relação macro/microporosidade e condutividade hidráulica.

4. CONCLUSÕES

A caracterização morfológica constatou a presença de horizontes com caráter coeso tanto nas áreas sob mata nativa quanto nas áreas sob cultivo, confirmando sua natureza pedogenética na região dos Tabuleiros Costeiros.

As frações de areia muito grossa e grossa estão associadas a gênese dos horizontes com caráter coeso, tornando o perfil mais adensado e sujeito a cimentação.

As maiores proporções das frações de areia muito grossa e grossa verificada nos solos coesos, contribuiu para elevação dos valores de densidade do solo, microporosidade e resistência a penetração com redução da relação macro/microporosidade e condutividade hidráulica.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, M. M. **Gênese de horizontes coesos e fragipã de solos do ambiente Tabuleiros Costeiros**. 2005. 72f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas).

CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; CURI, N.; TORRES, T. C. P. Caracterização Física, Química, Mineralógica e Micromorfológica de Horizontes Coesos e Fragipãs de Solos Vermelhos e Amarelos do Ambiente Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 297-313, jan./fev. 2008.

DANTAS, J.S.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M.V.; RESENDE, J.M.A.; CAMARGO, L.A.; BARBOSA, R.S. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p.1039-1050, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3a ed. Rio de Janeiro:Embrapa Solos. 2013. 306 p.

GIAROLA, N. F. B.; LIMA, H. V. de; ROMERO, R. E.; BRINATTI, A. M.; SILVA, A. P. da. Mineralogia e Cristalografia da fração argila de horizontes coesos de solos nos Tabuleiros Costeiros. Viçosa, v. 33, n. 1, p. 33-40, jan./fev. 2009.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P. Conceitos sobre solos coesos e hardsetting. **Scientia Agricola**, v.59, p.613-620, 2002.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.; SOUZA, L.S.; RIBEIRO, L.P. Similaridades entre o caráter coeso dos solos e comportamento hardsetting: estudo de caso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 25, p. 239-247, 2001.

JACOMINE, P. K. T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. *In.*: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1., 1996. Aracaju, **Anais**. Aracaju: EMBRAPA CPATC/EMBRAPA-CNPMF/AGRUFBA/IGUFBA, 1996. 80 p.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 3.ed. Campinas: SBCS, 1996. 45p.

LIMA, H.V.; SILVA, A.P.; GIAROLA, N.F.B.; IMHOFF, S. Index of soil physical quality of hardsetting soils on the Brazilian Coast. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1722-1730, 2014.

LIMA, H.V.; SILVA, A.P.; JACOMINE, P.K.T.; ROMERO, R.E.; LIBARDI, P.L. Identificação e caracterização de solos coesos no Estado do Ceará. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:467-476, 2004.

LIMA,R.P.;ROLIM,M.M.;OLIVEIRA,V.S.;SILVA,A.R.;PEDROSA,E.M.;FERREIRA,R.L .C.Load-bearingcapacityand its relation ships withthe physical and mechanical atributes of cohesive soil.**JournalofTerramechanics**,v.58,p.51-58.2015.

MOREAU A. M. S. S.; COSTA, L.M.; KER, J.C.; GOMES; F.H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.1021-1030, 2006.

MOREAU, A.M.S.S. Gênese, mineralogia e micromorfologia de horizontes coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro no sul da Bahia. Viçosa, 2001. 138p. Tese (Doutorado) -Universidade Federal de Viçosa.

NORTHCOTE, K.H. A factual key for the recognition of Australian soils. 4th ed. Rellim Technical Publications: Glenside, S. Aust. 1979.

RAMOS, M. R.; CURCIO, G. R.; DEDECEK, R. A.; MELO, V. de F.; UHLMANN, A. Influência da posição na encosta na manifestação do caráter coeso em solos da formação macacu, no estado do rio de janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 37, p. 837-845. 2013.

REZENDE, J. O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000. 27,31p. (Série Estudos Agrícolas, 1).

RIBEIRO, L.P. Evolução da cobertura pedológica dos tabuleiros costeiros e a gênese dos horizontes coesos. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001b. **Anais**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001b.p.93-121.

RIBEIRO, M.R. Características morfológicas dos horizontes coesos dos solos dos Tabuleiros Costeiros. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001a. **Anais**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001a.p. 161-168.

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 297-300, 2005.

SILVA, A.J.N **Caracterização de latossolos amarelos sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas**. 1996. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

VIEIRA, J. M.; ROMERO, R. E.; FERREIRA, T. O.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Contribuição de material amorfo na gênese de horizontes coesos em Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 623-632, out/dez. 2012.

XU, X.; NIEBER, J.L., GUPTA, S.C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1743-1750, 1992.

CAPÍTULO 3

RIBEIRO, Letícia da Silva. **Atributos físicos de um Latossolo Amarelo distrocoeso de Tabuleiro Costeiro sob diferentes povoamentos florestais e pastagem.** 2018, Cap. 3, p.16.dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI.

ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO DE TABULEIRO COSTEIRO SOB DIFERENTES POVOAMENTOS FLORESTAIS E PASTAGEM

RESUMO

Na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia, a presença da camada coesa em Latossolos Amarelos tem comprometido a qualidade do solo devido as limitações físicas impostas ao sistema radicular das culturas. No geral, tem sido observado um crescimento mais superficial das raízes devido à alta resistência da camada coesa a penetração das raízes em profundidade, fato que dificulta a maior absorção de água e nutrientes pelas culturas. Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o limite de liquidez, limite de plasticidade, índice de plasticidade e índices de estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem na região do Recôncavo da Bahia, bem como sua relação com o teor de matéria orgânica. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x3, constituído por cinco sistemas de manejo e uso do solo com três profundidades de solo, com 3 repetições, totalizando 45 unidades amostrais. Os sistemas de uso avaliados foram compostos por quatro povoamentos com plantas de espécies nativas e uma área sob pastagem, sendo: Angico vermelho – PVA, Sabiá-PS, Gonçalo Alves-PGA, Jenipapo-PJ e Pastagem (PAST). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 %. Estudos de correlações simples foram realizados entre algumas variáveis medidas. As medidas de consistência do solo apresentaram tendência de aumento em seus valores de umidade com o incremento do carbono orgânico total (COT) do solo, devido ao maior aporte de matéria orgânica, reduzindo o risco de deformações plásticas. As áreas sob pastagem e sob o cultivo de Sabiá são as que mais contribuíram para a estabilização dos agregados do solo nos primeiros 4 cm de profundidade. O índice de estabilidade e a percentagem de agregados maiores que 2,0 mm estáveis em água demonstraram ser propriedades de avaliação da estabilidade de agregados e apresentaram correlações com o teor de C orgânico total do solo. As áreas sob pastagem apresentaram os maiores teores de COT, em todas as profundidades estudadas, com decréscimos ao longo do perfil. Os solos sob pastagem e cultivo de Jenipapo apresentaram os maiores valores de limite de plasticidade nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4.

Palavras chave: tamanho de agregados, solos coesos, consistência do solo.

ABSTRACT

RIBEIRO, Letícia da Silva. **Physical Attributes of a Yellow Latosol Distrocoses of Coastal Board under different forest stands and pasture.** 2018, Chap. 3, p. 18. Dissertation (Masters in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí State, Brazil.

PHYSICAL ATTRIBUTES OF A YELLOW SOIL LATOSOL OF COASTAL TRAWL UNDER DIFFERENT FOREST PEOPLE AND PASTURE

In the Coastal Tabuleiros region of Bahia, the presence of the cohesive layer in Yellow Latosols has compromised soil quality due to the physical limitations imposed on the root system of the crops. In general, a more superficial root growth has been observed due to the high resistance of the cohesive layer to root penetration in depth, which makes it difficult to absorb water and nutrients through the crops. Considering the above, the objective of the present study was to evaluate the liquidity limit, plasticity limit, plasticity index and stability index of aggregates of a Distrocoesus Yellow Latosol under different forest stands and pastures in the Recôncavo region of Bahia, as well as relation to the organic matter content. The experimental design was completely randomized in a 5x3 factorial scheme, consisting of five soil management and use systems with three soil depths, with three replications, totaling 45 sample units. The evaluated systems of use were composed of four stands with native plant species and an area under pasture, being: Angico red - PVA, Sabiá-PS, Gonçalves Alves-PGA, Jenipapo-PJ and Pasture (PAST). The results were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at 5%. Studies of simple correlations were performed among some measured variables. The soil consistency measures showed a tendency to increase in their values of humidity with the increment of the total organic carbon (TOC) of the soil, due to the greater contribution of organic matter, reducing the risk of plastic deformations. The areas under pasture and under Sabiá cultivation were those that contributed the most to the stabilization of the soil aggregates in the first 4 cm of depth. The stability index and the percentage of aggregates greater than 2.0 mm stable in water proved to be properties of the aggregate stability and showed correlations with the total organic C content of the soil. The areas under pasture had the highest TOC contents, in all depths studied, with decreases along the profile. Soils under pasture and cultivation of Jenipapo presented the highest plasticity limit values in the 0-0.2 and 0.2-0.4 layers.

Keywords: size of aggregates, cohesive soils, soil consistency.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os Latossolos Amarelos coesos, sobretudo os da região dos Tabuleiros Costeiros, são comumente conhecidos por apresentarem fortes limitações agrícolas naturais, como baixa fertilidade e reserva em nutrientes. Além disso, podem apresentar horizontes subsuperficiais endurecidos, que conferem menor qualidade física e reduzem a profundidade efetiva do solo (Corrêa et al., 2008).

Alternativas de manejo que contribuem para a redução da camada coesa, a exemplo das práticas mecânicas, possuem efeitos efêmeros, porém a contínua adição da matéria orgânica pode favorecer a melhoria dos atributos que resultam em maior qualidade do solo a longo prazo (Carvalho et al., 2017).

De modo geral, a elevação dos teores de argila e de matéria orgânica torna a curva de compactação platicúrtica, reduzindo a densidade máxima do solo e aumentando a umidade ótima de compactação (Marcolin e Klein, 2011). Isso ocorre pelo fato da argila e a matéria orgânica reterem mais água do que as frações silte e areia, bem como pela baixa densidade específica da matéria orgânica (Carvalho et al., 2017).

Estudos com correlações positivas entre a matéria orgânica e o limite de plasticidade em solos com diferentes mineralogias, enfatiza que o aumento da matéria orgânica tende a aumentar a área superficial específica do solo, com conseqüente aumento de retenção de água, levando-o a ter maiores valores para os limites de plasticidade do solo (Smith et al., 1985), porém uma pequena porcentagem de matéria orgânica pode aumentar o limite de plasticidade, sem necessariamente elevar simultaneamente o limite de liquidez (Caputo, 2000).

Na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia, a presença da camada coesa em Latossolos Amarelos tem comprometido a qualidade do solo devido as limitações físicas impostas ao sistema radicular das culturas. No geral, tem sido observado um crescimento mais superficial das raízes devido à alta resistência da camada coesa a penetração das raízes em profundidade, fato que dificulta a maior absorção de água e nutrientes pelas culturas (Lima Neto et al., 2010).

Embora práticas mecânicas tenham sido avaliadas com o objetivo de romper a camada coesa, seu efeito tem se mostrado efêmero, pois com pouco tempo de cultivo a coesão volta a ocorrer ao longo do perfil. Com isso, estudos que avaliam práticas sustentáveis, a exemplo da utilização de plantas com sistemas radiculares mais profundos poderá constituir uma alternativa de manejo mais adequado aos solos da região dos

Tabuleiros Costeiros, devido ao efeito físico que as mesmas poderão exercer no rompimento da camada coesa, bem como pelo incremento da matéria orgânica em profundidade no perfil, elevando com isso a qualidade física, química e biológica do solo (Machado et al., 2014).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar atributos físicos de um Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais homogêneos na região do Recôncavo da Bahia, bem como sua relação com o teor de matéria orgânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo e caracterização

O estudo foi conduzido no município de Cruz das Almas, Bahia, com coordenadas geográficas 39°05'28''W e 12°41'50,44''S e altitude de 226 metros, com relevo plano a suave ondulado. O clima da região é do tipo tropical quente e úmido, segundo a classificação de Koppen, com verão seco, principalmente de setembro a fevereiro e precipitação média anual de 1.224 mm, variando de 900 a 1.300 mm, distribuídos nos meses de março a agosto, com 80% de umidade relativa e temperatura média anual de 24,5 ° C. Predominam na região solos do tipo Latossolo Amarelo distrocoeso típico e Argissolo Amarelo distrocoeso típico.

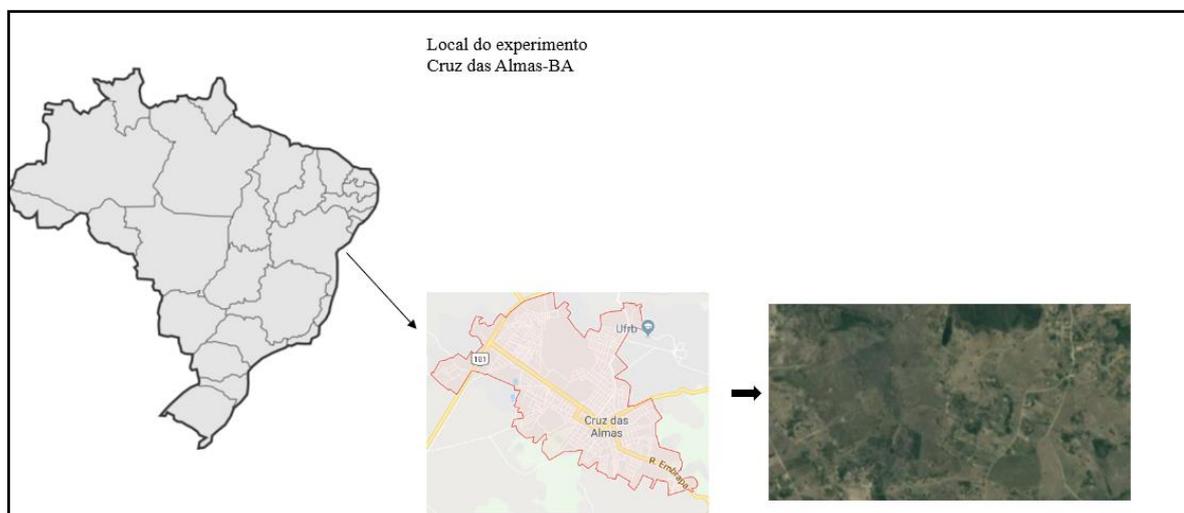


Figura 1: Localização da área de estudo em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais homogêneos e pastagem da região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x3, constituído por cinco sistemas de manejo e uso do solo com três profundidades de solo, com 3 repetições, totalizando 45 unidades amostrais.

Os sistemas de uso avaliados foram compostos por quatro povoamentos com plantas homogêneas e uma área sob pastagem, sendo: 1) *Anadantera macrocarpa* (Angico vermelho – PAV), com espaçamento de 6,0x3,0m, diâmetro a 1,3 m de altura do peito, DAP 17,41 cm e altura 5 m; 2) *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá-PS) com espaçamento 3,0x3,0m, DAP 7,7 cm e altura 5,8 m; 3) *Astronium fraxinifolium* (Gonçalo Alves-PGA) com espaçamento 6,0x3,0m, DAP 12,9 cm e a altura 4,8 m; 4) *Genipa americana* (Jenipapo-PJ) com espaçamento 3,0x3,0m, DAP 6,84 cm e altura 2,5 m; e 5)

Pastagem (PAST) de *Brachiaria decumbens* sem pastejo por animais durante o período de sete anos.

As áreas florestais foram implantadas a partir de mudas produzidas por sementes de árvores matrizes e apresentavam 0,25 a 0,30 m de altura quando transplantados para o campo. O preparo do solo foi o plantio direto, a partir de covas de 0,30 x 0,30 x 0,30 m adubada com 120g de superfosfato simples. A adubação de cobertura foi realizada aos 90 dias após o plantio com 120 g de NPK (20-0-20) por planta. Os tratos culturais de controle de formigas foram realizados periodicamente, bem como o controle das plantas daninhas, com realização de três capinas manuais (1º, 6º e 12º mês de idade).

Em cada área, foi selecionado, aleatoriamente, 1,0 ha, onde foram coletadas em diagonal cinco amostras compostas nas camadas de 0,0-10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, sendo, cada amostra composta formada por cinco amostras simples, coletadas com o auxílio de um trado holandês.

2.2 Avaliação da estabilidade dos agregados, limites de plasticidade, liquidez, índice de plasticidade e teor de matéria orgânica

A determinação da estabilidade dos agregados foi realizada por meio da tamisação via úmida, de acordo com Yoder (1936). As amostras foram secas ao ar, submetidas à quebra em seus pontos de fraqueza e passadas nas peneiras com malhas de 4,76 e 2,00 mm. A amostra retida entre as peneiras de 4,76 e 2,00 mm foram separadas para a determinação dos índices de estabilidades de agregados (Teixeira et al., 2017).

Utilizou-se 30 gramas de amostras de agregados saturadas em água por capilaridade sobre um papel filtro durante 12 horas e tamisados por 15 minutos sobre um jogo de peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,105 mm, com uma amplitude de 5,6 cm e frequência de 46 RPM. Como estimativa da estabilidade de agregados adotou-se o cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP), segundo Kemper e Rosenau (1986): $DMP = \sum_{i=1}^n (xi \times wi)$ onde: xi = % de agregados retidos em cada peneira; wi = diâmetro médio da fração (mm).

Na separação por via seca, utilizou-se o mesmo conjunto de peneiras superpostas, mas em um agitador eletromagnético Via Test, na frequência de 90 rpm, durante 15 min. O solo retido em cada peneira foi seco em estufa a 105 ° C, durante 24 h, sendo então realizados os mesmos cálculos supracitados.

Também foram obtidos o índice de estabilidade de agregados (IEA) e a percentagem de agregados maiores que 2,0 mm estáveis em água (Agri), desenvolvidos por Wendling et al. (2005), segundo as equações a seguir:

$$IEA = (DPMu/DMPs)100$$

$$AGRI = (Wu > 2) 100$$

em que DMPu = diâmetro médio ponderado via úmida (mm); DMPs = diâmetro médio ponderado via seca (mm); e Wu = proporção de agregados > 2 mm estáveis em água.

O limite de liquidez (LL), que corresponde à umidade do solo na fronteira entre os estados líquido e plástico e, o limite de plasticidade (LP), que corresponde à umidade do solo na fronteira entre os estados plástico e semissólido foram determinados conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1984a; 1984b). O índice de plasticidade (IP) foi calculado pela diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade, constituindo uma indicação da plasticidade do solo.

Os valores de matéria orgânica foram calculados com base nos teores de carbono orgânico. Para determinação as amostras de solo foram trituradas em almofariz quantificando-se o carbono por oxidação via úmida, utilizando $K_2Cr_2O_7$ $0,667 \text{ mol L}^{-1}$ em meio sulfúrico, sem aquecimento externo (Walkley e Black, 1934). A quantificação do teor de carbono foi feita por colorimetria, utilizando filtro de transmissão máxima de 650 nm, conforme Cantarella et al. (2001). Os valores de matéria orgânica foram calculados com base nos teores de carbono orgânico.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o programa Sisvar 5.6. Estudos de correlação foram executados entre algumas variáveis medidas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consistência do solo em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais homogêneos e pastagem

Os solos sob pastagem e cultivo de Jenipapo apresentaram os maiores valores de LP nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios nos limites de plasticidade (LP), liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP) em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais homogêneos e pastagem.

Sistemas de Cultivo					
Camadas	PAV	PS	PGA	PJ	PAST
m	LP (kg kg ⁻¹)				
0-0,20	0,120 Bc	0,180 Bc	0,178 Bc	0,218 Ab	0,228 Aa
0,20-0,40	0,190 Bb	0,201 Bb	0,199 Bb	0,227 Ab	0,227 Aa
0,40-0,60	0,261 Aa	0,265 Aa	0,263 Aa	0,257 Aa	0,254 Aa
	LL (kg kg ⁻¹)				
0-0,20	0,196 Cc	0,250 Bb	0,199 Bb	0,219 Bb	0,391 Aa
0,20-0,40	0,246 Cb	0,287 Ba	0,288 Ba	0,286 Ba	0,294 Ab
0,40-0,60	0,276 Ba	0,285 Ba	0,287 Ba	0,278 Ba	0,406 Aa
	IP (kg kg ⁻¹)				
0-0,20	0,026 Bb	0,07 Cb	0,021 Bb	0,001 Cc	0,163 Aa
0,20-0,40	0,056 Ca	0,086 Ba	0,089 Ba	0,059 Ca	0,167 Aa
0,40-0,60	0,013 Cc	0,02 Bb	0,024 Bb	0,021 Bb	0,152 Aa

Letras maiúsculas iguais na mesma linha e minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%). PAV –Angico vermelho, PV-Sabiá, PGA-Gonçalo Alves, PJ-Jenipapo e PAST-Pastagem.

A elevação do LP para os diferentes povoamentos florestais atesta a importância da matéria orgânica na definição dos valores dos limites de consistência para os solos cultivados, pela maior área superficial específica (ASE) da matéria orgânica (Machado et al., 2014), o que eleva a capacidade de retenção de água. Com isso, uma quantidade maior de água se torna imprescindível para a formação de filmes de água ao redor das partículas minerais e orgânicas no solo, ampliando com isso, a faixa de friabilidade do solo e, conseqüentemente, da redução do risco de compactação do solo.

Quanto ao limite de liquidez (LL), em todas as camadas estudadas o comportamento foi o mesmo: os cultivos de Angico Vermelho, Sábica, Gonçalo Alves e Jenipapo elevaram o LL em todas as profundidades, ficando a área sob pastagem com os maiores valores, em decorrência do seu maior teor de matéria orgânica. Como o índice de plasticidade (IP) consiste numa diferença algébrica entre os LP e LL, seu comportamento é decorrente dos efeitos já discutidos.

Tabela 2. Valores médios em carbono orgânico total, em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem.

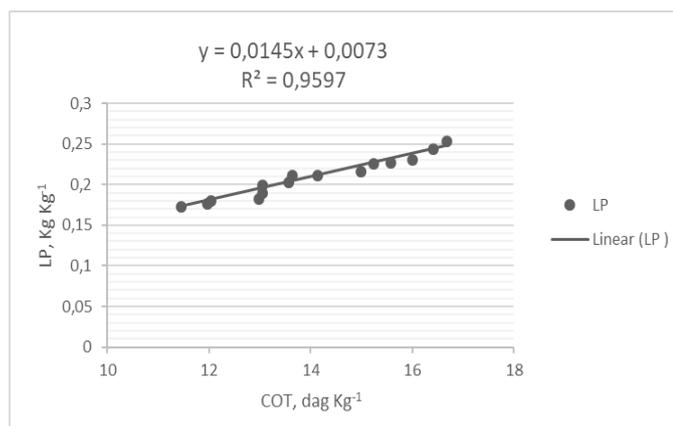
Camadas m	Sistemas de Cultivo				
	PAV	PS	PGA	PJ	PAST
	Carbono Orgânico Total (%)				
0-0,20	8,20 Ca	9,46 Ca	8,35 Ca	11,14 Ba	13,44 Aa
0,20-0,40	5,87 Bb	5,69 Bb	4,99 Cb	6,48 Bb	12,18 Ab
0,40-0,60	5,29 Bb	5,21 Bb	4,15 Cb	6,22 Bb	11,59 Ab

Letras maiúsculas iguais na mesma linha e minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%). PA- Angico Vermelho, PS-Sabiá, PGA-Gonçalo Alves, PJ-Jenipapo e PAST-Pastagem.

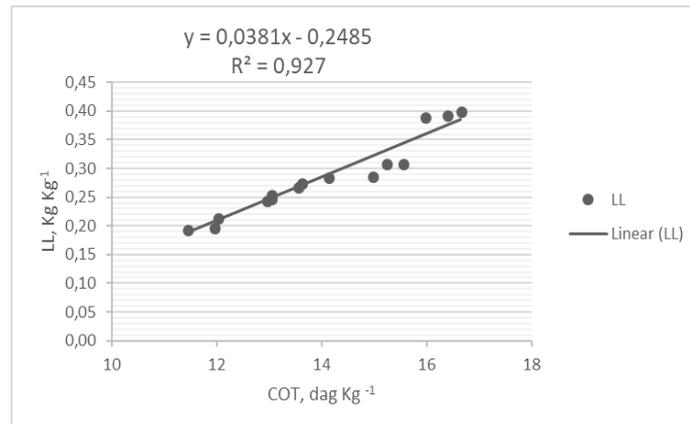
A tendência dos resultados foi semelhante à observada por Baver (1966), ao verificar que, de modo geral, aumentos no teor de matéria orgânica tendem a elevar o LP. Para Caputo (2000), uma pequena porcentagem de matéria orgânica eleva o LP, sem que isto ocorra, simultaneamente, no LL. Como a zona de consistência friável representa a faixa ótima de umidade para a mobilização mecânica do solo, constata-se que o solo com LP próximo daquele sob pastagem apresenta baixo risco de compactação, reforçando assim a recomendação de elevar e manter adequados os teores de matéria orgânica do solo.

Todas as correlações entre os limites de consistência e o carbono orgânico total (COT) foram significativas e positivas, com valores elevados de r, comprovando assim a influência do COT nos limites de consistência do solo (Figuras 1).

(a)



(b)



(c)

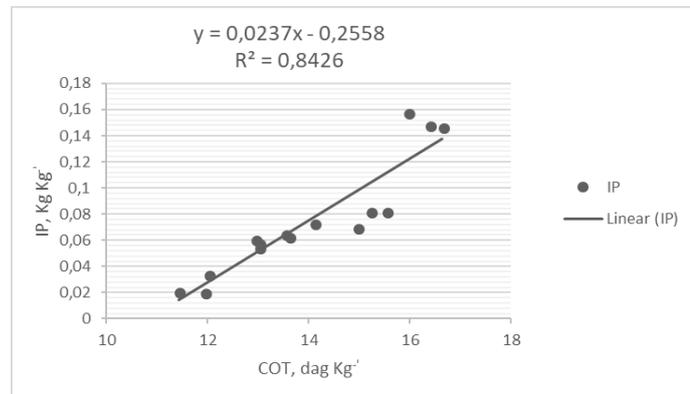


Figura 2. (a) Relação entre o limite de plasticidade (LP), (b) limite de liquidez (LL) e (c) índice de plasticidade (IP) com o carbono orgânico total (COT) em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem

Verificou-se diferença significativa para a interação sistemas de uso x profundidades para os teores de COT. Houve diminuição do COT com a profundidade em todos os sistemas de uso, sendo os maiores valores encontrados para o solo sob pastagem, seguidos da área sob cultivo de Jenipapo. Quanto às demais profundidades, as médias de COT foram estatisticamente iguais. O efeito dos povoamentos sobre o teor de COT foi mais evidente na camada superficial (Tabela 2).

3.2. Distribuição dos agregados, diâmetro médio ponderado e índices de estabilidade dos agregados do solo

Em todos os sistemas de uso e profundidades consideradas, observa-se que houve maior distribuição na classe de agregados com diâmetros >2 mm, com destaque para o solo sob cultivo de Sabiá e pastagem, seguindo-se dos solos solo sob cultivo de Angico Vermelho, Gonçalo Alves e Jenipapo (Figura 2).

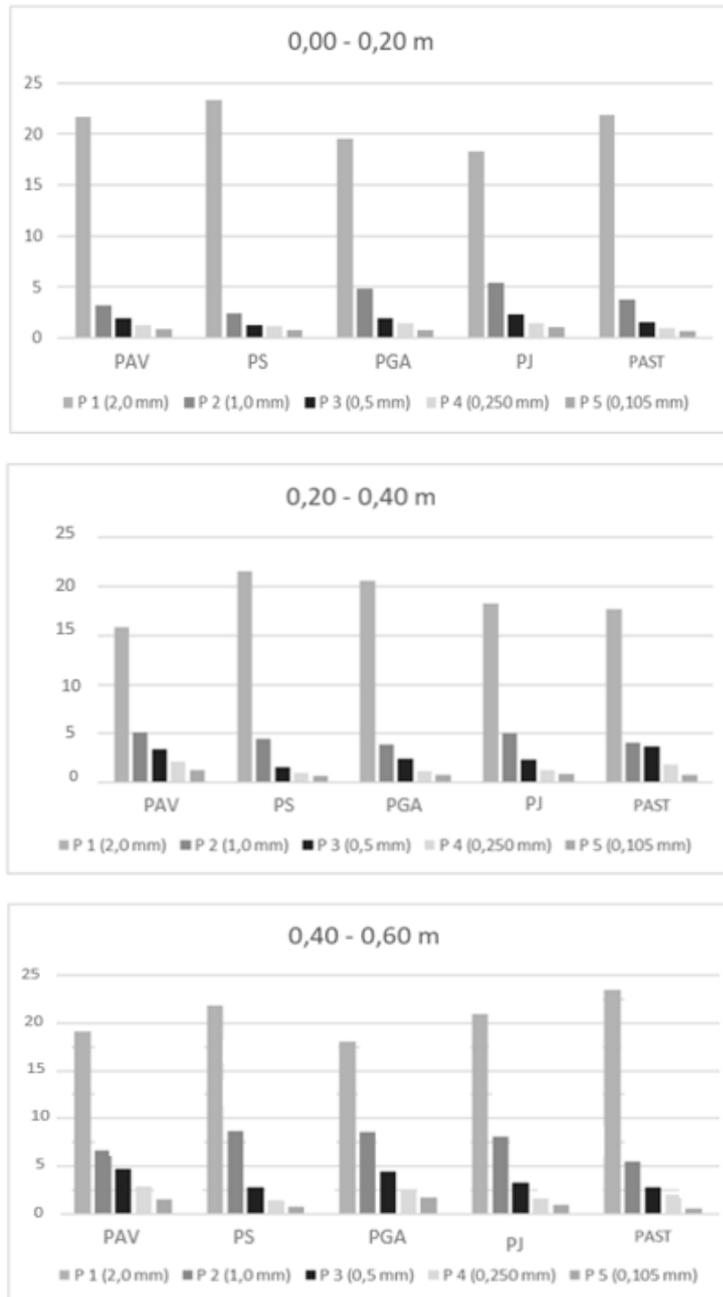


Figura 3. Distribuição dos agregados por peneiramento via úmida, em Latosolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem. PAV –Angico Vermelho, PS -Sabiá, PGA-Gonçalo Alves, PJ-Jenipapo e PAST-Pastagem.

Dessa forma, os sistemas de uso estudados apresentaram boa estabilidade de agregados em água, principalmente, na camada superficial, em função da maior proteção promovida pela cobertura vegetal presente e maior volume de resíduos sob a superfície, contribuindo para diminuir a desagregação ocasionada por variações bruscas de umidade e pelo impacto da gota da chuva (Salton et al., 2008), conforme verificado por alguns autores (Silva, 2003; Oliveira, 2008). Neste sentido, constata-se que os agregados nos

diferentes povoamentos florestais resistiram à desintegração (Carvalho et al., 2004), fato que constitui um bom indicador das condições de qualidade do solo.

Para o DMPs diferença significativa entre os sistemas de uso são verificados somente nas áreas sob povoamentos florestais em relação a pastagem que apresenta maiores valores (Tabela 3), indicando que a mesma não é sensível para avaliar a estabilidade de agregados do solo. Já o DMPu mostrou diferenças significativas na comparação das médias para a interação entre sistemas de uso e profundidades. Na camada de 0–0,20 m, as áreas sob cultivo de Sabiá e pastagem apresentaram os maiores diâmetros de agregados. Nas camadas de 0,20–0,40 e 0,40–0,60 m, o solo sob pastagem continuou com os maiores diâmetros de agregado, e os solos sob Jenipapo e Gonçalo Alves igualaram-se.

Possivelmente, os maiores valores de DMP se devem ao maior grau de estruturação deste solo, condicionado pela maior presença de raízes que liberam exsudatos e elevam os teores de matéria orgânica do solo (Tabela 1) por meio da ciclagem bioquímica (formação, morte e decomposição de raízes finas), contribuindo para a estabilização dos agregados. Também pode ter contribuído para este efeito, a ampla diversidade de espécies arbóreas, que proporcionam sazonalidade na queda de folhas e, conseqüentemente, uma camada de serapilheira mais rica em nutrientes, que aumenta a atividade dos organismos do solo (Campos et al., 1995).

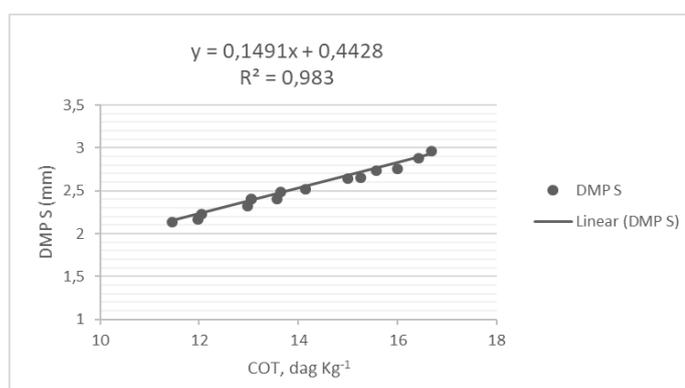
Tabela 3. Diâmetro médio ponderado obtido por peneiração via úmida (DMPu), via seca (DMPs), índice de estabilidade de agregados (IEA), porcentagem de agregados estáveis em água (AGRI), em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem.

Camadas m	Sistemas de Cultivo					MÉDIA
	PAV	PS	PGA	PJ	PAST	
	DMP Seco (mm)					
0-0,20	2,84	2,89	2,87	2,88	2,94	2,884 a
0,20-0,40	2,81	2,87	2,85	2,87	2,93	2,866 a
0,40-0,60	2,80	2,86	2,84	2,85	2,92	2,854 a
MÉDIA	2,81 B	2,87 B	2,85 B	2,85 B	2,93 A	2,85
	DMP úmido (mm)					
0-0,20	1,63 Da	1,97 Ba	1,80 Ca	1,70 Da	2,30 Aa	
0,20-0,40	1,58 Ca	1,76 Bb	1,60 Bb	1,61 Bb	1,92 Ab	
0,40-0,60	1,53 Ba	1,63 Bc	1,61 Bb	1,61 Bb	1,84 Ab	
	Índice de Estabilidade de Agregados (%)					
0-0,20	57,3 Da	68,1 Ba	62,7 Cab	62,1 Ca	78,2 Aa	
0,20-0,40	56,2 Ca	61,3 Bb	56,1 Cb	57,0 Cab	65,5 Ab	
0,40-0,60	54,6 BCa	56,9 Bb	56,6 BCb	56,4 BCb	63,0 Ab	
	AGRI (%)					
0-0,20	39,3 Da	50,0 Ba	45,2 Ca	44,9 Ca	61,5 Aa	
0,20-0,40	38,7 Ca	42,1 BCb	42,9 BCb	41,9 BCb	48,2 Ab	
0,40-0,60	37,6 Bca	39,5 Bc	37,8 BCc	36,8 BCc	45,2 Ac	

Letras maiúsculas iguais na mesma linha e minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%). PAV –Angico Vermelho, PS-Sabiá, PGA-Gonçalo Alves, PJ-Jenipapo e PAST-Pastagem.

O IEA e a Agri também se mostraram adequados para a avaliação da estabilidade de agregados. O comportamento geral desses dois índices foi semelhante ao do DMPu e indicou melhor estado de agregação do solo estudado na profundidade de 0–0,20 m, demonstrando uma ação da adição de matéria orgânica sobre a camada superficial.

Todas as correlações foram significativas ($p < 0,01$) e positivas, apresentando elevados valores de r referentes às equações que descrevem as relações entre DMPu vs COT, DMPs vs COT, IEA vs COT e Agri vs COT (Figura 3).



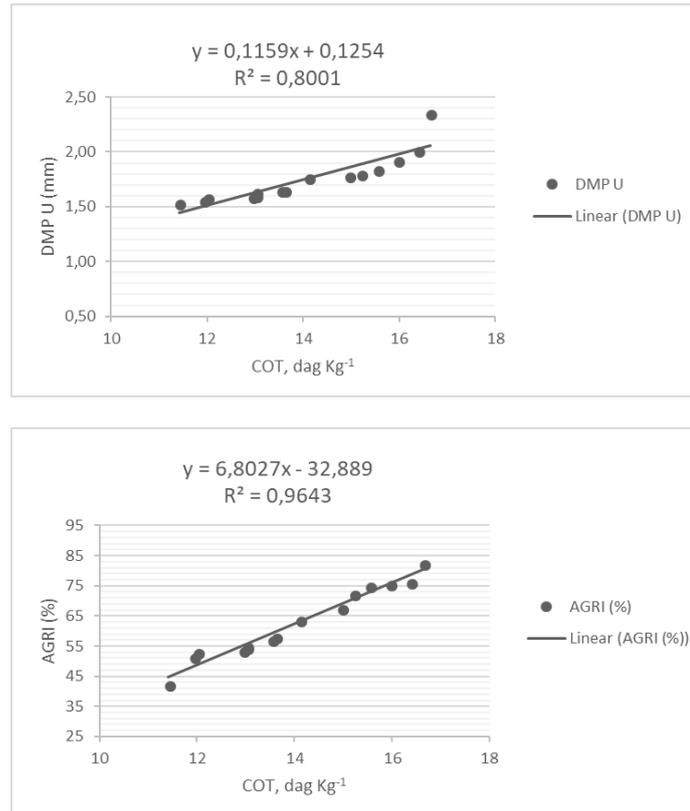


Figura 4. Diâmetro médio ponderado de agregados via úmida (DMP_μ), índice de estabilidade de agregados (IEA), diâmetro médio ponderado de agregados via seca (DMPs) e porcentagem de agregados maiores que 2,0 mm estáveis em água (Agri), em função do carbono orgânico total (COT) em Latossolo Amarelo distrocoeso sob diferentes povoamentos florestais e pastagem.

No presente estudo não foram implantadas culturas anuais que expõem as frações orgânicas aos microrganismos decompositores, bem como práticas de manejo do solo, que proporcionam maior quebra de macroagregados pelo revolvimento do solo (Silva et al., 1999). Tanto os povoamentos florestais como o pastejo favorecem um menor revolvimento e maior preservação dos macroagregados do solo, o que, por esses motivos faz com que os teores de COT permaneçam elevados.

Os resultados encontrados no presente estudo evidenciam também que o processo de estabilização dos agregados do solo está associado ao teor de COT. Neste sentido, à medida que o teor do mesmo diminui, pelo baixo aporte de material orgânico proporcionado pelos sistemas de uso, decresce a estabilidade dos agregados do solo.

Por haver um maior contato com os resíduos vegetais depositados diretamente sobre a superfície do solo, as camadas superficiais têm a maior disposição em responder aos estímulos causados pela deposição do material orgânico, a exemplo do maior teor de matéria orgânica no solo em áreas sob povoamentos florestais (Saggar et al., 2001). Em

relação a pastagem, Demarchi et al. (2011), verificaram que por possuir um sistema radicular agressivo, a mesma produz elevada biomassa e taxa de renovação de raízes, portanto, as áreas sob pastagem com braquiária tendem para possuir altos teores de matéria orgânica, principalmente na camada mais superficial.

Além do efeito da matéria orgânica, soma-se a ação dos ciclos sucessivos de umedecimento e secagem, principalmente, na camada superficial do solo. Segundo Bastos (2005), os ciclos de umedecimento e secagem são mais intensos nas camadas superficiais que subsuperficiais, o que provocam a desintegração dos ligantes orgânicos e inorgânicos do solo, resultando na formação de agregados maiores. Oliveira et al. (1996), investigando a ação dos ciclos de umedecimento e secagem em Latossolos brasileiros, concluíram que seus efeitos sobre a formação e estabilidade de agregados maiores ocorrem nas camadas superficiais. Segundo Bastos (2005), a variação na estabilidade de agregados em diferentes sistemas de cultivo pode ser atribuída a diferenças no teor de carbono orgânico do solo, conforme correlações significativas e positivas encontradas entre o teor de carbono orgânico e os índices de estabilidade de agregados (Oliveira, 2008).

4. CONCLUSÕES

As áreas sob pastagem e sob o cultivo de Sabiá são as que mais contribuíram para a estabilização dos agregados do solo nos primeiros 4 cm de profundidade.

O índice de estabilidade e a percentagem de agregados maiores que 2,0 mm estáveis em água demonstraram ser propriedades de avaliação da estabilidade de agregados e apresentaram correlações com o teor de C orgânico total do solo.

As áreas sob pastagem apresentaram os maiores teores de COT, em todas as profundidades estudadas, com decréscimos ao longo do perfil.

Os solos sob pastagem e cultivo de Jenipapo apresentaram os maiores valores de limite de plasticidade nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6459: Solo: determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984a. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Solo: determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984b. 6p.

BARBOSA, J. S.; SILVA, K. C. R.; CARDUCCI, C. E.; SANTOS, K. L.; KOHN, L. S. FUCKS, J. S. Atributos Físico-hídricos de um Cambissolo Húmico Sob Sistema Agroflorestal no Planalto Catarinense. **Floresta e Ambiente**, v.24, 2017.

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

BAVER, L.D. **Soil physics**. 3.ed. New York, John Wiley, 1966. 489p.

CAMPOS, B. C. de; 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 de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, jan./abr. 1995.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; ANDRADE, J. C. **Determinação da Matéria Orgânica**. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, p.285 2001.

CAPUTO, H.P. Mecânica dos solos e suas aplicações: Fundamentos. 6.ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 2000. v.1. 234p.

CARVALHO, D. C.; PEREIRA, M. G.; TOLEDO, L. O.; SIMON, C. A.; RODRIGUES, J. S.; FERNADES, J. C. F.; SILVA NETO, E. C. Ciclagem de nutrientes de um plantio de eucalipto em regeneração de espécies nativas no sub-bosque. **FLORESTA**, v. 47, n. 1, p. 17 - 27, jan. / mar. 2017.

CARVALHO, R.; GOEDERT JUNIOR, W.; ARMANDO M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.39, n.11, p.1153-1155, nov. 2004.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; CURI, N.; TORRES, T. C. P. Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 297-313, jan./fev. 2008.

FORSYTHE, W.M. Manual de laboratório de física de suelos. San José, IICA, 1985. 216p. janeiro, 1984b. 3p.

KEMPER, W.D. & ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1986. Part 1. p.425-442 (Agronomy, 9).

LIMA NETO, J. de A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; SOUZA JÚNIOR V. S. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LIMA, J. F. W.F. Atributos Químicos, Mineralógicos e Micromorfológicos de Horizontes Coesos de Latossolos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Estado De Alagoas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 473-486, mar/ abr. 2010.

MACHADO, L. V.; RANGEL O. P.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 289-299, jul./set. 2014.

MARCOLIN, C.D. & KLEIN, V.A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Sci. Agron.**, 33:349-354, 2011.

OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M.; REGAZZI, A.J. & FIGUEIREDO, M.S. Efeito de ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro Latossolos brasileiros. **R. Bras. Ci. Solo**, 20:509- 515, 1996.

OLIVEIRA, V.S. Compactação em solos coesos dos tabuleiros costeiros de Alagoas. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. 81p. (Tese de Doutorado).

SAGGAR, S.; HEDLEY, C.B.; SALT, G.J. Soil microbial biomass, metabolic quotient, and carbon and nitrogen mineralisation in 25-year-old *Pinus radiata* agroforestry regimes. **Australian Journal of Soil Research**, v.39, p.491-504, 2001.

SALTON, J. C et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SILVA, A.J.N. Alterações físicas e químicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 120p. (Tese de Doutorado).

SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos a calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 593-602, 1999.

SMITH, C. W.; HADAS, A.; DAN, J.; KOYUMDJISKY, H. Shrinkage and atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. *Geoderma*, Amsterdam, v.35, n.1, p.47-65, 1985.

STATSOFT, Statistica: Data analysis software system. Version 6, 2001.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

WALKLEY, A. & BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature erosion losses. **Journal of American Society Agricultural**, v.28, p. 337-351, 1936.