

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS COESOS COM DIFERENTES CORES EM TABULEIRO
COSTEIRO DO LITORAL NORTE DA BAHIA**

RONALDO PEDREIRA DOS SANTOS

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
FEVEREIRO - 2015**

**CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS COESOS COM DIFERENTES CORES EM TABULEIRO
COSTEIRO DO LITORAL NORTE DA BAHIA**

RONALDO PEDREIRA DOS SANTOS

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2007

Tese submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de Sistemas Hidroagrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
RONALDO PEDREIRA DOS SANTOS

Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Membro Presidente: Prof. Dr. Oldair Del' Arco Vinhas Costa
Instituição: UFRB

Maria da Conceição de Almeida

Membro Externo ao Programa: Profa. Dra. Maria da Conceição de Almeida
Instituição: UFRB

Laércio Duarte Souza

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Laércio Duarte Souza
Instituição: Embrapa Mandioca e Fruticultura

Fábio Nunes

Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Fábio Carvalho Nunes
Instituição: IFBAIANO

Maria Eloisa

Membro Externo à Instituição: Profa. Dra. Maria Eloisa Cardoso da Rosa
Instituição: UFBA

Homologada em / / .

Dedicatória

A Deus por me conceder o dom da vida e me proporcionar tanta felicidade.

Dedico a você meu filho Victor Pedreira, minha fonte de energia, a quem Deus tem usado pra dar forma a minha vida. Te amo muito meu Filho!

Dedico esse trabalho especialmente a minha mãe Juraci Pedreira, a meu pai Júlio dos Santos e ao meu irmão Lucas Pedreira, que sempre estiveram ao meu lado me cercando de apoio, estímulo e ensinamentos durante toda minha vida, para que eu conseguisse vencer mais esta etapa.

À minha família, que sempre esteve em todos os momentos de minha carreira, e é por ela que procuro esquecer a distância que nos separa tentando buscar a realização do meu sonho.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade dos Ecossistemas e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias por oferecer oportunidade de realização do curso;

Ao Instituto Federal Baiano *Campus* Catu pela confiança e pelo afastamento para o melhor desenvolvimento deste trabalho;

A Flávia Moreira por ser paciente e compreensiva, além do apoio incansável no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Nobre Professor Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa, pelas brilhantes aulas ministradas, pelo incentivo, confiança, dedicação e orientação plena e constante durante o desenvolvimento do trabalho;

Ao Professor Dr. Luciano da Silva Souza, pela Co-orientação e pelas enriquecedoras aulas de Física do Solo e pelas belíssimas sugestões;

Ao Professor Dr. Fábio Carvalho Nunes, pelo apoio intenso, confiança, pela amizade, contribuição;

A minha querida amiga irmã Elisa Falcão, pela sua dedicação, amizade, irmandade, apoio, pela sua paciência em me ouvir durante minhas inquietações;

Aos meus amigos Victor Brandão, Dryelle Lobo, Taiza Nogueira, Samir Abdala e Taislane Almeida, pelo apoio constante, amizade e convívio.

Aos colegas de curso Maxsuel Souza, Tâmara Eloy, Joaquim Monteiro, Marcelo Miranda, Sara Jullianne, Adriana Alves e Emylly Figueredo pela contribuição, amizade e companheirismo durante o curso;

Aos colegas de laboratório, Valdinei Capelão, Marcela Rebouça, Edson Souza, Laura Xavier, Moacir pela disponibilidade em me auxiliar em vários momentos, amizade e companheirismo;

A Dr^a Maria da Conceição pela sua paciência e pelas suas enriquecedoras sugestões e correções;

Aos Professores Dr. Jorge Gonzaga e Dr. Thomas Vicent Gloaguen pelo apoio e sugestões durante o curso;

Aos Professores Dr. Júlio Nobrega e Dra. Rafaela Nobrega pelo apoio e ensinamentos durante o curso;

Ao Dr. Flancer Novais Nunes, representante da Fazenda Salgado pelo apoio constante para o desenvolvimento do trabalho;

A Joyce (Lene) do NEAS, pelo apoio, amizade e convívio durante o desenvolvimento do trabalho;

Aos funcionários tercerizados do bloco L, em especial (Sr. Flor, Nelson e Claudinha) pelo apoio.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO 1

Capítulo 1

GÊNESE DE SOLOS COESOS COM DIFERENTES CORES EM TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA15
---	---------

Capítulo 2

EFEITO DA PERSISTÊNCIA A SUBSOLAGEM EM SOLOS DE DIFERENTES CORES DOS TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA63
---	---------

Capítulo 3

INFLUÊNCIA DE CICLOS DE UMEDECIMENTO E SECAGEM NA COESÃO DE SOLOS COM DIFERENTES CORES DOS TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA93
---	---------

CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS COESOS COM DIFERENTES CORES EM TABULEIRO COSTEIRO DO LITORAL NORTE DA BAHIA

Autor: Ronaldo Pedreira dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

RESUMO: Formação Barreiras é conhecida como sedimentos neogênicos de origem predominantemente continental a litorânea, arenosos e argilosos e de cores variegadas, que se distribuem ao longo do litoral brasileiro desde o Amapá até o Rio de Janeiro. Os solos formados à partir deste material geralmente apresentam horizontes com acentuada coesão entre as partículas, sendo associada a fatores múltiplos e inter-relacionados, principalmente de ordem mineralógica, química e física. Embora o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos atribua o termo "coeso" apenas para a classe dos Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos e Acizentados, no terceiro nível categórico, há registro de ocorrência desse comportamento em Latossolos e Argissolos Vermelho-amarelos e Vermelhos na região dos Tabuleiros Costeiros. Até o momento as pesquisas têm demonstrado que a coesão pode ser provocada pelo ajuste face a face das partículas do solo, promovidas pelos ciclos de umedecimento e secagem e que a presença de Matéria Orgânica, Óxido de Ferro e de Alumínio e Areia, podem reduzir o efeito da coesão do solo. O presente trabalho objetiva caracterizar solos coesos, com diferentes cores, em tabuleiro costeiro do Litoral Norte da Bahia, destacando a sua gênese, morfologia e classificação. Além disso, será avaliada a resistência à penetração destes solos, medidas em campo antes e após o manejo dos solos com uso de subsolagem, em área de plantio com eucalipto, e também em laboratório, após aplicação de ciclos de umedecimento e secagem. Para a realização do trabalho, foram coletados solos vermelhos, vermelho-amarelo, amarelos e acinzentados, com coesão, provenientes de material geológico sedimentar da formação barreiras, no município de Inhambupe-Ba. Os solos foram descritos em campo e foram coletadas amostras para caracterização morfológica, química, física e mineralógica e posterior montagem dos experimentos em estufa climatizada. Os solos estudados apresentaram coesão moderada a forte, independentemente da cor, possivelmente associada à matriz caulínica, migração de argila entre os horizontes e ciclos de umedecimento e secagem.

Palavras-chave: coesão do solo, Formação Barreiras e ciclos de umedecimento e secagem.

CHARACTERIZATION OF COHESIVE SOIL WITH DIFFERENT COLORS ON TRAY COAST OF BAHIA NORTH COASTA

Author: Ronaldo Pedreira dos Santos

Advisor: Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Co-supervisor: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

ABSTRACT: Barreiras Formation is known as neogenic sediment from predominantly continental and seaside origins, sandy and clay and variegated colors, which are distributed along the Brazilian coast from the Amapá to Rio de Janeiro. Soils formed from this material usually present horizon with strong cohesion between the particles which is associated with multiple factors and interrelated, mainly mineralogical, chemical and physical. Although the Brazilian System of Soil Classification assigns the term "cohesive" only to the class of Yellow latosols and Yellow Argisols and Greyish Argisols, in the third categorical level, there is record of this occurrence in Red-yellow and Red Latosols and Argisols in the region of Coastal Tablelands. So far, the research has shown that cohesion can be caused by the adjustment of soil particles, promoted by wetting drying cycles and that the presence of organic matter, iron oxide and aluminum and sand, can reduce effect of the soil cohesion. This study analyzes cohesive soils, with different colors in Coastal Plain of the North Coast of Bahia, highlighting its genesis, morphology and classification. In addition, it will evaluate the resistance to penetration of these soils; field measurements will be carried out before and after soil management by subsoiling in areas planted with eucalyptus, and also in the laboratory after application of wetting drying cycles. To carry out the work, cohesive red, red-yellow, yellow and gray soils were collected from sedimentary geological material forming Barreiras in the municipality of Inhambupe-Ba. The soils were described in the field and samples were collected for morphological, chemical, physical and mineralogical and retrofitting of the experiments under controlled conditions. The soils showed moderate to strong cohesion, regardless of color, possibly associated with kaolinite matrix, clay migration between the horizons and wetting drying cycles.

Keywords: soil cohesion, Barreiras Formation, wetting drying cycles.

INTRODUÇÃO

Os Tabuleiros Costeiros constituem-se em uma unidade geomorfológica, que se distribui na costa brasileira desde o Estado do Amapá até o Rio de Janeiro, abrangendo uma extensa faixa do território brasileiro, em uma região densamente povoada. Os estudos dos solos de ocorrência nesta região remontam da década de 50 e desde este período diversos trabalhos foram realizados na tentativa de se caracterizar e entender a sua gênese.

Os solos mais expressivos, em termos de extensão, sobre os Tabuleiros Costeiros, são os Latossolos e Argissolos, e, secundariamente, os Espodossolos, derivados de interflúvios aplanados (RIBEIRO 1996, 1998). Os primeiros apresentam características pedológicas semelhantes, devido à natureza essencialmente caulínica e quartzosa dos seus materiais de origem. Além de outros atributos, a coesão de determinados horizontes é uma importante característica que limita o uso agrícola destes solos, por comprometer o desenvolvimento de muitas culturas de interesse econômico para a região.

"Horizonte coeso" é uma terminologia utilizada para nomear um estado de coesão manifesto quando o solo está seco, que desaparece ou torna-se bem menos expressivo quando o solo está úmido. Esta coesão é genética e encontrada, principalmente, em horizontes subsuperficiais de Latossolos e Argissolos Amarelos dos platôs litorâneos brasileiros, ocorrendo, em geral, na transição entre os horizontes A e B, podendo ocupar boa parte do B (ACHÁ PANOSO, 1976; FONSECA, 1986; JACOMINE, 1996, 1997).

Os horizontes que apresentam o caráter coeso ou "horizontes coesos" apresentam textura franco-argilo-arenosa ou mais fina, sendo o grau de coesão proporcional ao aumento do teor de argila. Tem coloração geralmente bruno-amarelada, tendendo muitas vezes para cores mais pálidas, bruno-amarelada claro, bruno claro acinzentado ou bruno com matiz 10YR, valores 5 e 6 e cromas variando de 3 a 6. Nos perfis mais argilosos e de cores mais pálidas, há a presença de mosqueado pequeno, bruno forte, ao redor de poros e canais de raízes, refletindo a baixa aeração desses horizontes durante o período chuvoso (RIBEIRO, 2001). Confirmando a afirmação deste autor, a grande maioria dos trabalhos à coesão dos solos nos Tabuleiros Costeiros estão relacionados a solos de coloração amarela a acinzentada (Jacomine, 1996; LIMA, 2004; LIMA NETO, 2010; EMBRAPA, 2013). Provavelmente por isso, este atributo está contemplado, no terceiro nível categórico, como critério de distinção, apenas para as classes dos Latossolos

Amarelos e Argissolos Amarelos e Acinzentados. Poucos trabalhos têm associado este atributo a solos vermelho-amarelos e vermelhos dos Tabuleiros Costeiros autores como, Fortunato (2004), Ribeiro (2001); Nunes (2005; 2011) e Miranda (2012) que têm associado este atributo a solos vermelho-amarelos e vermelhos dos Tabuleiros Costeiros..

Resende (1982) e UFV (1984) pesquisaram quanto à influência da mineralogia do solo na organização das partículas e propuseram que o adensamento em solos de tabuleiro origina-se de um possível ajuste face-a-face de partículas do solo, principalmente a caulinita pela sua forma laminar. Segundo estes autores, a forma de deposição dos sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras não permitiu, inicialmente, o ajuste face-a-face das argilas, por se tratar de um meio de pouca liberdade de movimentação (correntes de lama). No entanto, o umedecimento e a secagem do solo provocam atividades de expansão e contração, equivalendo a aplicação de uma energia organizadora, o que tende a colocá-las face-a-face, à semelhança do que ocorre com o barro amassado, resulta no aumento da densidade do solo.

Dos problemas relacionados com o caráter coeso, o que se relaciona diretamente é a elevada resistência à penetração do solo, quando seco, que influencia: (a) o desenvolvimento radicular das plantas, (b) o teor de água disponível e (c) a aeração e a absorção de nutrientes, sendo um inibidor físico que pode afetar a produção agrícola (CINTRA *et al.*, 1997; REZENDE, 2000). A baixa disponibilidade de nutrientes desses solos, associada à alta saturação por alumínio e à alta acidez ativa e trocável, constitui também um inibidor químico, dificultando o desenvolvimento radicular e a atividade microbiana do solo (SOUZA, 1997; REZENDE, 2000).

Apesar dos muitos estudos desenvolvidos, ainda são desconhecidos os fatores preponderantes da ocorrência ou não dos solos com horizontes coesos. As diversas explicações sobre a gênese destes horizontes são muito contraditórias, cabendo diversas ações de pesquisas em busca do modelo mais adequado a cada situação encontrada nos diferentes micro-ambientes dos Tabuleiros Costeiros.

Desta forma, o presente trabalho objetiva caracterizar solos coesos, com diferentes cores, em tabuleiro costeiro do Litoral Norte da Bahia, destacando a sua gênese, morfologia e classificação que serão discutidos no primeiro capítulo, bem como a resistência à penetração destes solos, medidas em campo antes e após o manejo dos

solos, com uso de subsolagem, em área de plantio com eucalipto (capítulo 2) e avaliação da resistência à penetração dos solos, avaliada em laboratório, após aplicação de ciclos de umedecimento e secagem (capítulo 3).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Grupo Barreiras

A denominação “Barreiras” vem sendo empregada com significado estratigráfico, desde Moraes Rêgo (1930 apud BAPTISTA *et al.*, 1984), que assemelhou os sedimentos terciários encontrados nos baixos platôs Amazônicos com os Tabuleiros Costeiros do norte, nordeste e leste do Brasil. Depois das denominações como Formação Barreiras, Série Barreiras, descreveram os Tabuleiros Costeiros como Grupo Barreiras, que são depósitos de sedimentos sobre rochas do Pré-Cambriano Superior (BIGARELLA e ANDRADE, 1964), de textura arenosa, argilo-arenosa ou argilosa, tipicamente caulínitos e quartzosos em camadas, cores variegadas, normalmente muito ferruginizados com eventuais níveis conglomeráticos, dispostos em camadas com espessuras variadas de acordo com as ondulações do substrato rochoso modelando a paisagem (BITTENCOURT, 1996).

Tal grupo geológico constitui uma unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros, que se distribui desde o estado do Amapá até o Rio de Janeiro, perfazendo a costa litorânea brasileira (Figura 1). Ao norte do estado da Bahia, ocupa uma área aproximada de 560.000 há, sendo a unidade lito-estratigráfica de maior expressão aflorante (UCHA, 2000). Seu relevo é plano, dissecado por vales profundos de encostas com forte declive, podendo chegar a suave ondulado e ondulado nas áreas onde houve forte dissecamento (REZENDE, 2000). A drenagem é densa e paralela, seguindo as linhas estruturais e a inclinação geral dos tabuleiros para o mar (BRASIL, 1983)

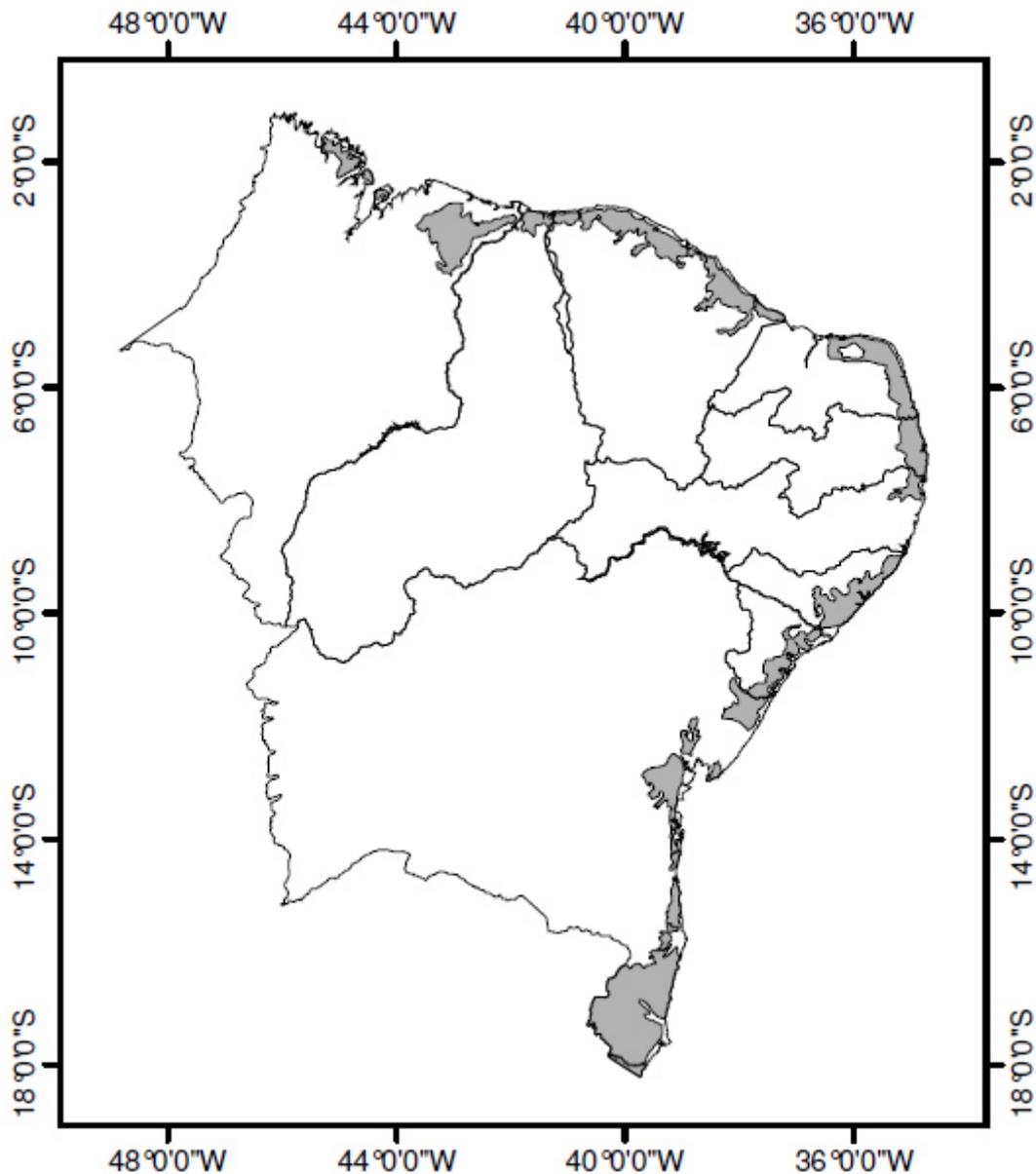


Figura 1: Mapa da região Tabuleiros Costeiros do Nordeste.

Esta unidade surgiu durante o período Terciário onde ocorreram grandes eventos climáticos e sísmicos, uma desses foi à grande movimentação dos continentes pela criação de litosfera em vários pontos do globo e a formação de arcos-de-ilhas atuais (LABOURIAU, 1998). Os arcos-de-ilhas são formações dinâmicas e transitórias que com o passar do tempo desaparece ou funde-se com os continentes ou outras ilhas não vulcânicas. Nesse período, ocorre a separação dos continentes, resultando no isolamento de uns e na colisão de outros, a exemplo da América do Norte que colidiu várias vezes com a Ásia, e da África com a Eurásia (SALGADO-LABORIAU apud TAVARES,

2005). Este movimento resultou em aberturas e fechamentos de oceanos, ou seja, o isolamento e posterior coalescência dos continentes, ocasionando mudanças nas correntes marinhas que modificaram o clima e a distribuição de fauna e flora marinhas em muitos continentes. As mudanças climáticas diferiram em cada um dos continentes que resultaram da fragmentação da Pangéia. O Supercontinente Pangéia se dividiu em oito grandes fragmentos: América do Sul, África, Austrália com Nova Guiné, Antártida, Índia, América do Norte e Eurásia. Estava delineado de forma definitiva os atuais continentes da Terra.

Paralelamente à fase de fragmentação, ocorreram as fases de formação de altas montanhas, provocando mudanças no relevo dos continentes, criando novas áreas de expansão para a biota e barreiras para migração, consequência do movimento das placas tectônicas e da deriva dos continentes. Como essas áreas eram inicialmente baixas, à medida que se elevava, o clima foi se esfriando chegando ao Quaternário a terem seus picos mais altos cobertos por neves eternas (LABOURIAU, 1998).

No período do soerguimento de grandes áreas continentais e separação dos continentes Sul-Americano e Africano, em que ocorria simultaneamente uma deposição em lençol, em clima semi-árido, formada por cones aluviais coalescentes, tendo contribuição do processo de soerguimento para o caráter torrencial da sedimentação (MARTIN, 1980). Com a instabilidade tectônica e oscilações climáticas e glaciais, ocorre a diminuição da cobertura vegetal, dando lugar à erosão do manto de intemperismo de rochas granito-gnáissicas leucráticas. A desagregação da superfície Sul-Americana pelos novos níveis de dissecação e aplainamento provoca a deposição de sedimentos terrígeno continental por sistemas fluviais entrelaçados, associados, em alguns locais, a leques aluviais (VILAS BOAS, 1996) sobre rochas do Pré-Crambiano que deram origem ao Grupo Barreiras.

A geomorfologia dos Tabuleiros Costeiros, que coincide com as ocorrências de sedimentos do Grupo Barreiras, caracteriza-se pela dominância de feições (pediplano inundado em degradação) aplainadas parcialmente conservadas, entalhadas por vales largos, profundos, com talvegues chatos e vertentes graduadas ou escarpadas, preenchidos por aluviões. Essas feições originam-se de superfície aplainada por dissecamento, que perdeu a continuidade topográfica devido a mudança morfogenética

(FORTUNATO, 2004). Na área deste trabalho ocorre esta modelação, feições aplanadas parcialmente conservadas.

Durante o processo de pediplanação, os pedimentos detríticos preenchem e nivelam superfícies irregulares litológicas, inclusive do Grupo Barreiras, resultando em paleosuperfícies de agradação, fóssil em relação às condições hidrológicas e hidrodinâmicas atuais. Estas paleosuperfícies contêm materiais mobilizados das áreas fontes a montante (vertentes em recuo paralelo) e materiais remobilizados do próprio Barreiras, formando depósitos gerados por processos do tipo fluxos detritos (BIGARELLA & ANDRADE, 1964; VILAS BOAS, 2001).

Material de Origem dos Solos

O material de origem, qualquer que seja sua fonte, tem primordial relevância em muitos atributos dos solos, entre os quais se destacam: a textura, a cor, a composição química e a mineralogia (OLIVEIRA et. al., 1992). Sendo de natureza sedimentar, como é o caso do Grupo Barreiras, geralmente, são controlados por atributos como textura, disponibilidade de bases e mineralogia da fração coloidal, por isso muitas características são herdadas do mesmo (FORTUNATO, 2004).

Os sedimentos do Grupo Barreiras representam o material de origem das coberturas pedológicas estudadas e os mesmos têm sido estudados pela maioria dos pedólogos brasileiros como homogêneos, não considerando suas especificidades regionais e locais (NUNES, 2011a; NUNES, 2011b). O desconhecimento ou conhecimento superficial do material de origem ou dos materiais de origem pode levar a interpretações equivocadas da pedogênese e da morfogênese, além de mascarar fenômenos correlativos em diferentes áreas (NUNES, 2011b).

No Litoral Norte da Bahia o Grupo Barreiras é composto de diferentes litofácies, a saber, conglomerados maciços sustentados por lama (Cmf), conglomerados maciços sustentados por clastos (Cmc), arenitos lamosos conglomeráticos maciços (Alcm), arenitos lamosos conglomeráticos com estratificação cruzada (Alce), arenitos lamosos maciços (Alm) e argilitos maciços (Agm) (FORTUNATO, 2004; NUNES, 2011a), sobre as quais se desenvolveram diferentes coberturas pedológicas.

Os sistemas pedológicos mais expressivos, em termos de extensão, sobre os Tabuleiros Costeiros, são os Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, e, secundariamente, os Espodossolos, derivados de interflúvios aplanados (RIBEIRO 1996, 1998). Os primeiros apresentam características pedológicas semelhantes, devido à natureza essencialmente caulínica e quartzosa dos seus sedimentos. Contudo, no Litoral Norte da Bahia também podem ser encontrados Latossolos e Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelados, o que tem despertando bastante interesse da comunidade científica, pois os mesmos não são comuns sobre os Tabuleiros Costeiros.

Um fato importante nos solos Tabuleiros Costeiros é a presença de horizontes coesos, geralmente Argissolos e Latossolos. Na década de 50 ocorreram os primeiros registros sobre estes solos, em que apresentam a manifestação do estado coeso quando o solo está seco, verificando a elevada resistência a penetração do martelo pedológico.

Coesão dos Solos

De acordo com EMBRAPA (2013), o caráter coeso é usado como atributo diagnóstico, e para distinguir solos com horizontes pedogenéticos subsuperficiais adensados, muito resistentes à penetração da faca e muito duros a extremamente duros quando secos, passando a friáveis ou firmes quando úmidos. Horizontes coesos são de textura média, argilosa ou muito argilosa e, em condições naturais, são geralmente maciços ou com tendência a formação de blocos. São comumente observados nos horizontes transicionais AB e, ou, BA, entre 30 cm e 70 cm da superfície do solo, podendo prolongar-se até o Bw ou coincidir com o Bt, no todo ou em parte. Uma amostra de horizonte coeso, quando seco, desmancha-se ao ser imersa em água (JACOMINE, 2001; RIBEIRO, 2001; SANTOS *et al.*, 2005) úmido quando submetida à compressão, deforma-se lentamente, ao contrário do fragipã, que apresenta quebradicidade (desintegração em fragmentos menores).

Além dessas propostas de reconhecimento, pode-se verificar densidade do solo mais elevada que em horizontes subjacentes; saturação por base baixa (inferior a 50%); teor de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) menor que 80 g Kg^{-1} e o Ki maior ou igual a 1,7 (EMBRAPA, 1999). Entretanto, a utilização da resistência a penetração consiste na medida mais

eficiente para a caracterização do comportamento coeso e por ser um método de fácil obtenção no campo (GIAROLA *et al.*, 2001; SOUZA *et al.*, 2001).

Os horizontes que apresentam o caráter coeso ou "horizontes coesos" apresentam textura franco-argilo-arenosa ou mais fina, sendo o grau de coesão proporcional ao aumento do teor de argila. Tem coloração geralmente bruno-amarelada, tendendo muitas vezes para cores mais pálidas, bruno-amarelada claro, bruno claro acinzentado ou bruno com matiz 10YR, valores 5 e 6 e cromas variando de 3 a 6. Nos perfis mais argilosos e de cores mais pálidas, há a presença de mosqueado pequeno, bruno forte, ao redor de poros e canais de raízes, refletindo a baixa aeração desses horizontes durante o período chuvoso (RIBEIRO, 2001).

Em condições naturais, a densidade média do horizonte coeso situa-se na faixa de 1,5 a 1,8 g cm⁻³, sendo que a expressão máxima da coesão é observada no material seco e em geral ocorre nos solos mais argilosos (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2001).

A coesão dos horizontes vem sendo associados a fatores múltiplos e inter-relacionados, de ordem química e física (FRANZMEIER *et al.*, 1996; MULLINS, 1999; GIAROLA *et al.*, 2003), propriedades mineralógicas e cristalográficas dos minerais da fração argila (REZENDE *et al.*, 2002).

Entretanto, ainda são desconhecidos os fatores preponderantes da ocorrência ou não dos solos com horizontes coesos. As diversas explicações sobre a gênese destes horizontes são muito contraditórias, cabendo diversas ações de pesquisas em busca do modelo perfeito.

Há na literatura muitas hipóteses sobre este assunto: Os sedimentos do Grupo Barreiras por apresentarem baixos teores de Fe e são essencialmente caulíníticos, com esqueleto quartzoso mal selecionado (MELO *et al.*, 2002), pode favorecer o adensamento dos solos deles formados (ZANGRANDE, 1985; ARCANJO, 1990). Os horizontes adensados (coesos) apresentam grãos de quartzo dominando o esqueleto, envolvidos por um plasma caulínítico denso e contínuo, com pouca tendência ao desenvolvimento de microestrutura (GIAROLA *et al.*, 2001,2002; LIMA *et al.*, 2006).

Segundo Achá Panoso (1976) existe uma relação inversa entre o aumento de Fe₂O₃ do ataque sulfúrico, especialmente do ferro livre, e o grau de coesão. Os solos são tão mais coesos e endurecidos quanto menores são seus teores de Fe₂O₃.

Bennema & Camargo (1979), citados por Fonseca (1986), acrescentam que se os teores de óxidos de ferro (agentes cimentantes) são baixos, as chances de formação de agregados estáveis são menores, agravado pela baixa superfície específica da caulinita mineral, dominante na fração argila dos Latossolos e Argissolos Amarelos de Tabuleiro, influenciando assim a estrutura do solo.

A matéria orgânica também desempenha papel importante na modificação da estrutura do solo. Compostos orgânicos leves ou pouco humificados atacam quimicamente os argilominerais, promovendo a liberação da sílica, do alumínio e do ferro modificando as suas estruturas. Com o acúmulo da sílica, advindo da degradação dos minerais silicatados, há um preenchimento dos espaços vazios da massa do solo promovendo modificações nos horizontes até uma possível coesão (RIBEIRO, 2001).

Resende (1982) e UFV (1984) pesquisaram quanto à influência da mineralogia do solo na organização das partículas e propuseram que o adensamento em solos de tabuleiro origina-se de um possível ajuste face a face de partículas do solo, principalmente a caulinita pela sua forma laminar. Segundo estes autores, a forma de deposição dos sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras não permitiu, inicialmente, o ajuste face a face das argilas, por se tratar de um meio de pouca liberdade de movimentação (correntes de lama). No entanto, o umedecimento e a secagem do solo provocam atividades de expansão e contração, equivalendo à aplicação de uma energia organizadora, o que tende a colocá-las face a face, à semelhança do que ocorre com o barro amassado, o que resulta no aumento da densidade.

A restrição ao uso agrícola que os solos de Tabuleiros Costeiros devido ao caráter coeso é um problema muito grande. Ainda sim, parte da produção agrícola ocorre nesses sistemas diferenciados.

A importância social e econômica desse ecossistema nos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará é justificada nas grandes concentrações urbanas, na diversidade das explorações agrícolas, com grande potencialidade para produção de alimentos, na ampla infraestrutura de transporte rodoviário e de terminais marítimos para escoamento da produção. Além de abrigar alguns poucos remanescentes da Mata Atlântica ainda existentes no país.

Apesar dessa importância e da existência de grande mercado potencial e demanda reprimida por produtos agrícolas, a atividade agropecuária tem sido restringida pelas

baixas produções e alta relação custo/benefício proporcionada pelas culturas (CINTRA *et al.*, 1997). Os horizontes coesos, posicionados em geral entre 30 e 70 cm, e o clima, caracterizado pela má distribuição das chuvas, concentradas num período entre cinco e seis meses contínuos, têm sido considerados os principais fatores responsáveis pelas baixas produtividades das espécies cultivadas nesse ecossistema (LIMA NETO, 2008).

O trabalho teve como objetivo caracterizar solos coesos com diferentes cores, nos tabuleiros costeiros do Litoral Norte da Bahia, destacando a sua gênese, morfologia e classificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHÁ-PANOSO, L. Latossolo Vermelho-Amarelo de “Tabuleiro” do Espírito Santo: formação, características e classificação. Recife, PE: UFRPE, 1976. 116p. (**Tese de Livre Docência**) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1976.

ARCANJO, J.D. **La formation Barreiras dans la region de Vitoria, ES**. Strasbourg, Université Louis Pasteur, 1990. 110p. (Tese de Doutorado)

BENNEMA, J. & CAMARGO, M.N. Some remarks on Brazilian Latosols in relation to the Oxisols of soil taxonomy. In: **INTERNATION SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP**, 2., Malaysia, 1978. Proceedings. Bangkok, SSD - LDD, 1979. p.233-235.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. & SILVA, A.P. Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil: Uma análise dos efeitos do regime hídrico e da presença de camadas coesas nos solos. **Boletim Informativo da Soc. Bras. Ci. do Solo**, 22:77-80, 1997.

CORRÊA, M. M. *et al.* 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. 01, p. 297-313, 2008.

FONSECA, O.O.M. **Caracterização e classificação de solos Latossólicos e Podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral Brasileiro.** Itaguaí, RJ: UFRRJ, 1986. 185p., Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de concentração em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1986.

FRANZMEIER, D.P.; CHARTRES, C.J. & WOOD, J.T. Hardsetting soils in Southeast Australia: Landscape and profile processes. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 60:1178-1187, 1996.

FORTUNATO, F. F. **Sistemas pedológicos nos Tabuleiros Costeiros do litoral norte do estado da Bahia: uma evolução controlada por duricrostas preexistentes, neotectônica e mudanças paleoclimáticas do Quaternário.** 266. f. 2004. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador

GIAROLA N.F.B. *et al.* Mineralogia e cristalografia da fração argila de horizontes coesos de solos nos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.33-40, 2009.

GIAROLA, N.F.B. **Similaridades entre solos coesos e hardsetting: Caracterização do comportamento físico.** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 65p. (Tese de Doutorado)

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S. & DEXTER, A.R. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. **Geoderma**, 113:95-108, 2003.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; SOUZA, L.S. & RIBEIRO, L.P. Similaridades entre o caráter coeso dos solos e o comportamento hardsetting: Estudo de caso. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:239-247, 2001.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS, Cruz das Almas, 1996. **Anais.** Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1996. p.13-24.

JACOMINE, P.K.T. Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros: características, distribuição geográfica, gênese e manejo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25, 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** SBCS. Seção 5.

LAMOTTE, M.; BRAUND, A.; OHNENSTETTER, D.; ILDEFONSE, P. & PÉDRO, G. A hard sandy-loam soil from semi-arid northern Cameroon: Geochemistry and mineralogy of the bonding agent. **Eur. J. Soil Sci.**, 48:227-237, 1997

LIMA NETO, J. A. *et al.* Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos de horizontes coesos de Latossolos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 02, p. 473-486, 2010.

LIMA, H. V. *et al.* Identificação e caracterização de solos coesos no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 03, p. 467-476, 2004.

LIMA, H.V.; SILVA, A.P.; SANTOS, M.C.; COOPER, M. & ROMERO, R.E. Micromorphology and image analysis of a hardsetting Ultisol (Argissolo) in the State of Ceará (Brazil). **Geoderma**, 132:416-426, 2006.

MIRANDA, M. C. de. **Capacidade produtiva e qualidade de sítios cultivados com eucalipto em Argissolos de Tabuleiro no Litoral Norte da Bahia**. 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Solos e Qualidade dos Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SINGH, B.; NOVAIS, R.F. & FONTES, M.P.F. Propriedades químicas e cristalográficas da caulinita e dos óxidos de ferro em sedimentos do Grupo Barreiras no município de Aracruz, estado do Espírito Santo. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:53-64, 2002

MOREAU, A. M. S. S. *et al.* Caracterização de solos de duas topossequências em Tabuleiros Costeiros do Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 06, p. 1007-1019, 2006

MULLINS, C.E. Hardsetting soils. In: **SUMNER**, M.E., ed. Handbook of soil science. New York, CRC Press, 1999. p.G65-G87.

NUNES, Fábio Carvalho. **Contando histórias de Tabuleiros Costeiros: aproximações de sistemas pedológicos e geomorfológicos no Litoral Norte da Bahia**. 2011. 412 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia Costeira e Sedimentar, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Cap. 6.

NUNES, Fábio Carvalho. **Pedogênese e Evolução de solos vermelhos e amarelos de tabuleiros em uma topossequência no Litoral Norte da Bahia**. 2005. 210 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

RESENDE, M. **Pedologia**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1982. 100p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, S.A. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 4.ed. Viçosa, MG, NEPUT, 2002. 338p.

REZENDE, J. de O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: Limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI, SPA, 2000. 117p. (Série Estudos Agrícolas, 1).

RIBEIRO, L.P. Gênese, evolução e degradação dos solos amarelos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1996, Cruz das Almas. **Anais**. Aracaju, Embrapa-CPATC, 1996. p.27-35.

RIBEIRO, L.P. Os **Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: Gênese, evolução e degradação**. Salvador, Seplantec, CADCT, 1998. 99p.

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

SOUZA, L.S. Aspectos sobre o uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.1, p.34-39, 1997.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos Tabuleiros Costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 153p. (Relatório Convênio 545/81).

ZANGRANDE, M.B. **Caracterização e interpretação para uso de um Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto dos platôs litorâneos no norte do Espírito Santo**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1985. 81p. (Tese de Mestrado)

CAPÍTULO 1

GÊNESE DE CAMADAS COESAS EM SOLOS DE DIFERENTES CORES E TEXTURAS DOS TABULEIROS COSTEIROS DO ESTADO DA BAHIA ¹

¹ Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico

GÊNESE DE CAMADAS COESAS EM SOLOS DE DIFERENTES CORES E TEXTURAS DOS TABULEIROS COSTEIROS DO ESTADO DA BAHIA

Autor: Ronaldo Pedreira dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

RESUMO: Na literatura, existem várias hipóteses sobre a gênese dos horizontes coesos de solos dos Tabuleiros Costeiros. Por apresentarem baixos teores de Fe e serem essencialmente caulíníticos, com esqueleto quartzoso mal selecionado, e um possível ajuste face a face das partículas de argila caulíníticas, promovidas pelos ciclos de umedecimento e secagem. Baseado nessas hipóteses, o trabalho objetivou caracterizar solos coesos com diferentes cores nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte da Bahia, com destaque para a sua gênese, morfologia e classificação. A área escolhida para o estudo encontra-se inserida em uma feição geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros desenvolvidos a partir de sedimentos do grupo Barreiras. Foram selecionados pontos em diferentes manchas de solos de ocorrência em um mesmo tabuleiro, com relevo plano e suave-ondulado, onde foram abertas trincheiras e posteriormente, descrita morfologicamente e realizada a caracterização física, química e mineralógica. Pode-se observar ao longo da paisagem, a presença do solo amarelo na parte mais alta, seguindo do solo vermelho-amarelo e do solo vermelho, o solo acinzentado encontra-se na área abaciada do tabuleiro. Normalmente, a literatura científica discute a coesão em solos amarelos e acinzentados, na área em estudo, além do amarelo e acinzentado, foi observado coesão no solo vermelho amarelo e vermelho. Os solos apresentaram essencialmente caulíníticos conforme as análises mineralógicas, com o esqueleto quartzoso. Os solos estudados foram classificados como: Perfil 1 -ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico; perfil 2 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico coeso; perfil 3 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico coeso e perfil 4 - ARGISSOLO ACIZENTADO distrocoeso arênico. Os solos estudados apresentaram coesão, independente da sua cor, parecendo estar associadas a matriz caulínítica e a migração de argila entre horizontes, promovidas por ciclos de umedecimento e secagem.

Palavras-chave: Grupo Barreiras, coesão e gênese do solo.

GENESIS OF COHESIVE LAYERS IN SOILS FROM DIFFERENT COLORS AND TEXTURES IN BAHIA STATE TRAY COASTAL

Author: Ronaldo Pedreira dos Santos

Advisor: Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Co-supervisor: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

ABSTRACT: In the literature, there are several hypotheses about the genesis of cohesive horizons in soils of Coastal Trays. Because they have low Fe levels are essentially kaolinitic with misselected quartz skeleton, and possibly to kaolinite clay particle adjustment, promoted by wetting drying cycles. Based on these assumptions, the study aimed to characterize cohesive soils with different colors in the Coastal Trays of Bahia North Coast, with particular reference to its genesis, morphology and classification. The area chosen for the study is inserted in a geomorphological feature of Coastal Trays developed from the Barreiras sediment group. Places were selected in different soil occurrence spots on the same board, with flat and mild-wavy terrain, where trenches were opened and subsequently described morphologically and physically, chemically and mineralogically characterized. It can be observed along the landscape, the presence of yellow soil on the highest areas, following the red-yellow soil and red soil, gray soil from basin areas of the board. Normally, the scientific literature discusses cohesion in yellow and gray soils in the study area, plus the yellow and gray, cohesion was observed in yellow red and red soils. Soils showed essentially kaolinitic as the mineralogical analyzes, with quartz skeleton. The soils were classified as: Profile 1 – YELLOW-RED ARGISOIL: typical dystrophic; Profile 2 - YELLOW-RED ARGISOIL: dystrophic cohesive latosoil; Profile 3 – RED LATOSOIL: dystrophic cohesive argisoil and Profile 4 – GREY ARGISOIL: dystrophicsandy. The soils showed cohesion, regardless their color, seemingly associated to kaolinite matrix and the migration of clay between horizons, promoted by wetting drying cycles.

Keywords: Barreiras Group, cohesion and soil genesis.

INTRODUÇÃO

A importância social e econômica desse ecossistema nos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará é justificada nas grandes concentrações urbanas, na diversidade das explorações agrícolas, com grande potencialidade para produção de alimentos, na ampla infraestrutura de transporte rodoviário e de terminais marítimos para escoamento da produção. Além de abrigar alguns poucos remanescentes da Mata Atlântica ainda existente no país.

Apesar dessa importância e da existência de grande mercado potencial e demanda reprimida por produtos agrícolas, a atividade agropecuária tem sido restringida pelas baixas produções e alta relação custo/benefício proporcionada pelas culturas (CINTRA *et al.*, 1997). Os horizontes coesos, posicionados em geral entre 30 e 70 cm, e o clima, caracterizado pela má distribuição das chuvas, concentradas num período entre cinco e seis meses contínuos, têm sido considerados os principais fatores responsáveis pelas baixas produtividades das espécies cultivadas nesse ecossistema (LIMA NETO, 2008).

Dos problemas relacionados com o caráter coeso, o que se relaciona diretamente é a elevada resistência à penetração do solo, quando seco, que influencia: (a) o desenvolvimento radicular das plantas, (b) o teor de água disponível e (c) a aeração e a absorção de nutrientes, sendo um inibidor físico que pode afetar a produção agrícola (CINTRA *et al.*, 1997; REZENDE, 2000). A baixa disponibilidade de nutrientes desses solos, associada à alta saturação por alumínio e à alta acidez ativa e trocável, constitui também um inibidor químico, dificultando o desenvolvimento radicular e a atividade microbiana do solo (SOUZA, 1997; REZENDE, 2000).

A restrição ao uso agrícola que os solos de Tabuleiros Costeiros devido ao caráter coeso é um problema muito grande. Ainda sim, parte da produção agrícola ocorre nesses sistemas diferenciados.

A coesão dos horizontes vem sendo associada a fatores múltiplos e inter-relacionados, de ordem química e física (FRANZMEIER *et al.*, 1996; MULLINS, 1999; GIAROLA *et al.*, 2003) e propriedades mineralógicas e cristalográficas dos minerais da fração argila (REZENDE *et al.*, 2002).

Há na literatura muitas hipóteses sobre este assunto: Os sedimentos do Grupo Barreiras por apresentarem baixos teores de Fe e serem essencialmente caulíníticos, com esqueleto quartzoso, mal selecionado (MELO *et al.*, 2002), pode favorecer ao

adensamento dos solos deles formados (ZANGRANDE, 1985; ARCANJO, 1990). Os horizontes adensados (coesos) apresentam grãos de quartzo dominando o esqueleto, envoltos por um plasma caulinitico denso e contínuo, com pouca tendência ao desenvolvimento de microestrutura (GIAROLA *et al.*, 2001,2002; LIMA *et al.*, 2006).

Segundo Achá-Panoso (1976) existe uma relação inversa entre o aumento de Fe_2O_3 do ataque sulfúrico, especialmente do ferro livre, e o grau de coesão. Os solos são tão mais coesos e endurecidos quanto menores são seus teores de Fe_2O_3 .

Bennema & Camargo (1979), citados por Fonseca (1986), acrescentam que se os teores de óxidos de ferro (agentes cimentantes) são baixos, as chances de formação de agregados estáveis são menores, agravado pela baixa superfície específica da caulinita mineral, dominante na fração argila dos Latossolos e Argissolos Amarelos de Tabuleiro, influenciando assim a estrutura do solo.

A matéria orgânica também desempenha papel importante na modificação da estrutura do solo. Compostos orgânicos leves ou pouco humificados atacam quimicamente os argilominerais, promovendo a liberação da sílica, do alumínio e do ferro modificando as suas estruturas. Com o acúmulo da sílica, advindo da degradação dos minerais silicatados, há um preenchimento dos espaços vazios da massa do solo promovendo modificações nos horizontes até uma possível coesão (RIBEIRO, 2001).

Autores como (LIMA *et al.*, 2004; MOREAU *et al.*, 2006; CORRÊA *et al.*, 2008; GIAROLA *et al.*, 2009; LIMA NETO,2010), já tratavam da importância e mostraram a predominância de caulinita como mineral dominante em solos dos Tabuleiros Costeiros, assim como Jacomine (1996) e Rezende (2000), que também mostraram que a fração areia é constituída essencialmente por quartzo.

Apesar de existir várias hipóteses sobre a gênese dos horizontes coesos, a que chama mais atenção é a de iluviação de argila fina, a qual promove a formação dos mesmos (LAMOTTE *et al.*, 1997; CORRÊA, *et al.*, 2008). Entretanto, esta formação também pode estar associada aos ciclos de umedecimento e secagem, causando assim um empacotamento denso das partículas de argila fina e areia muito fina, e conseqüentemente o entupimento dos poros e maior resistência do solo a penetração.

O trabalho teve como objetivo caracterizar solos coesos com diferentes cores, nos tabuleiro costeiro do Litoral Norte da Bahia, destacando a sua gênese, morfologia e classificação.

METODOLOGIA

Localização da área de estudo

Os solos estudados localizam-se no município de Inhambupe, na mesorregião geográfica do Litoral Norte da Bahia, segundo IBGE (2015), entre os paralelos 11° e 13° S e os meridianos 37° e 40° Gr. A área escolhida para estudo está inserida na fazenda Salgado pertencente a empresa Bahia Pulp (Figura 1). A mesma encontra-se, segundo BRASIL (1982) na feição geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros. Os solos estudados foram desenvolvidos a partir de sedimentos oriundos de formações superficiais (Cenozóico) arenitos argilosos aconglomeráticos, argilitos puros a arenosos e conglomerados do grupo Barreiras CPRM, (2005).

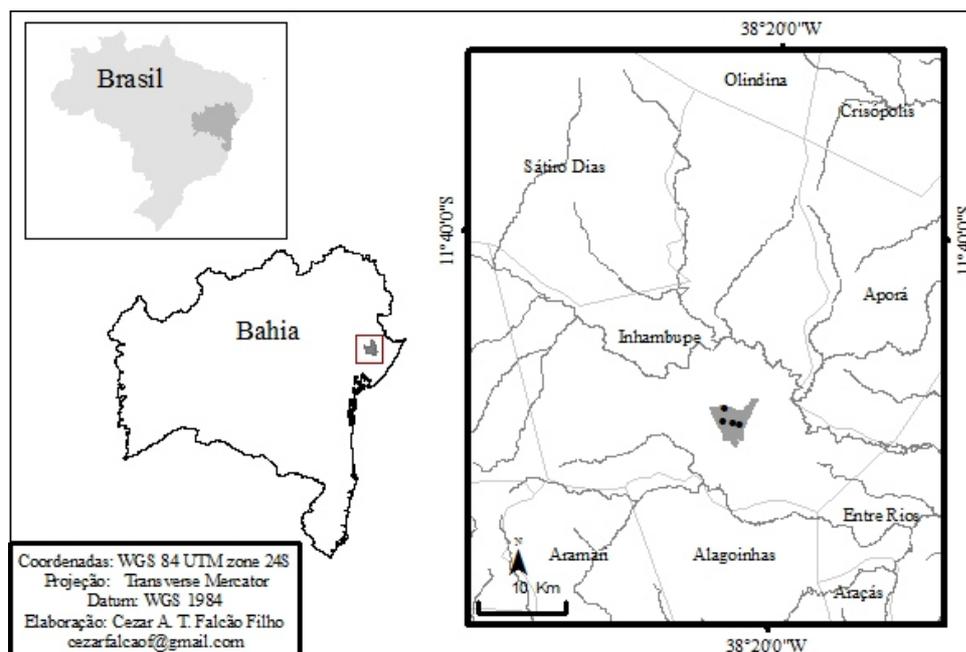


Figura 1: Mapa de localização dos perfis estudados

Descrição dos perfis, coleta de solo e preparo de amostras

Após análise da paisagem local, foram selecionados pontos, em diferentes manchas de solos de ocorrência em um mesmo tabuleiro, com relevo plano e suave-ondulado, e em cotas altimétricas ligeiramente diferentes, que variaram de 232 m a 214m.

Os solos foram descritos, segundo Lemos & Santos *et al.* (2013), em trincheiras, onde foram coletadas amostras, para posteriores análises físicas, químicas e mineralógicas, e material para montagem de experimento em casa de vegetação.

As amostras indeformadas foram coletadas em cilindros de aço inox e as deformadas em sacos plásticos, que posteriormente foram beneficiadas, por meio de secagem, destorroamento e tamisação em peneira de malha de 2 mm, a fim de se obter a terra fina seca ao ar (TFSA).

Análises Laboratoriais

Análises físicas

A caracterização física dos solos foi realizada de acordo com o manual de métodos de análises do solo da Embrapa (1997), tendo sido realizadas as seguintes análises: granulometria, argila dispersa em água, área superficial específica da fração argila, densidade do solo, densidade de partícula, porosidade e curva de retenção de umidade.

As análises físicas foram realizadas em duplicata. Os teores de argila foram determinados pelo método da pipeta, após a dispersão química do solo com 10 ml de NaOH 1 mol L⁻¹ em 100 ml de água destilada, seguido de agitação mecânica com o agitador de Wagner por 16 horas. As frações areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e muito fina foram obtidas por tamisação e os teores de silte por diferença entre solo total (20 g de TFSE), areia total e argila. A classificação textural do solo foi feita utilizando o triângulo de classificação textural.

As frações foram agrupadas conforme a Escala Internacional, adotada pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SANTOS *et al.*, 2005).

A argila dispersa em água foi determinada pelo método da pipeta, utilizando água destilada, e os valores obtidos foram usados para cálculo do grau de dispersão do solo através da fórmula seguinte:

$$GD = \frac{AT - ANDA}{AT} \times 100$$

onde,

GD = grau de dispersão do solo (%)

AT = argila total (dag kg⁻¹)

ANDA = argila não dispersa em água (dag kg⁻¹)

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (*Kopecky*); a densidade de partícula pelo método do balão volumétrico na TFSA (terra fina seca ao ar) e a porosidade total através da fórmula:

$$PT = 100 \times \frac{Dp - Ds}{Dp}$$

onde,

PT = Porosidade total;

Dp = Densidade de partícula;

Ds = Densidade do solo,

A microporosidade foi determinada pelo método na mesa de tensão (EMBRAPA, 1997), e a macroporosidade, calculada pela diferença entre porosidade total e microporosidade.

A capacidade de campo foi determinada na placa porosa na panela de Richard, baseado na curva de retenção de água dos solos calculou-se a capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP).

Análises químicas

As análises químicas foram realizadas de acordo com o manual de métodos de análises do solo da Embrapa (2009), tendo sido determinado: pH em água e em KCl; matéria orgânica (M.O.); N; P; K; Ca; Mg; Na; Al e H+Al, conforme Embrapa (2009).

Os elementos Si, Al, Fe e Ti foram determinados na fração TFSA por digestão com ataque sulfúrico e leitura direta no EDX, segundo Embrapa (2009). Além disso, foram

determinados Fe e Al, extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato e pelo oxalato de amônio.

As análises químicas foram realizadas em duplicata. Os valores de pH foram determinados potenciometricamente em suspensão 1:2,5 de solo:água e KCl 1 mol L⁻¹. Alumínio, Ca⁺² e Mg⁺² trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, na proporção 1:10. O extrato foi então avaliado titulometricamente para Al⁺³ com NaOH 0,025 mol L⁻¹ e fenolftaleína 1% como indicador, e o Ca⁺² e Mg⁺² com EDTA 0,0125 mol L⁻¹ (murexida e negro de eriocromo como indicadores, respectivamente). A acidez potencial (H+Al) foi extraída em uma mistura 1:15 solo:acetato de cálcio 0,5 M tamponado a pH 7,1, e titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹ em presença do indicador fenolftaleína a 1%. Os teores de Na⁺, K⁺ trocáveis e P disponível foram extraídos com solução 1:10 solo:HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Mehlich-1). Na⁺ e K⁺ foram determinados por fotometria de chama e o P disponível determinado fotocolorimetricamente utilizando espectrofotômetro Cary 50 BioVarian no comprimento de onda 660.0 nm.

O teor de C orgânico total dos solos foi determinado pela oxidação do carbono contido 0,2 g de solo com 5 ml K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹ e 7,5 ml H₂SO₄ concentrado em tubos de digestão. As amostras foram submetidas à temperatura de 170°C por 30 minutos para garantir completa oxidação da fração orgânica do solo. As amostras foram transferidas para erlenmeyer de 250 mL e o volume final da solução, cerca de 80 mL, foi alcançado pelo uso de água destilada. O excesso de Cr⁺⁶ da solução foi determinado utilizando sulfato ferroso amoniacal na presença do indicador Ferroin (YEOMANS & BREMNER, 1988).

As seguintes análises foram realizadas nas camadas acima do coeso, no coeso e abaixo do coeso.

O ataque sulfúrico foi realizado em tubos de digestão de 75 mL, adicionou 0,5 g de TFSA triturada e tamisada em peneira de 100 mesh, e 20 mL de H₂SO₄ 9 mol L⁻¹, que foi aquecida em bloco digestor por 30 min a 170°C, posteriormente resfriou, diluiu e filtrou. No filtrado, determinaram-se os teores de alumínio, por titulometria; de ferro e titânio por espectrofotometria de absorção atômica; e no resíduo, o teor de silício foi determinado pelo método da mufla (EMBRAPA, 1997).

As formas de ferro de alta e baixa cristalinidade foram avaliadas, na terra fina, pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (MEHRA e JACKSON, 1960), onde

foram pesadas 0,50 gramas de TFSA previamente passadas em almofariz de ágata e peneira de 80 mesh, em seguida foi adicionado cerca de 0,4 g de didionito e levada a banho maria a temperatura de 60°C por 15 min, para que houvesse floculação, foi adicionada 1,0 ml de NaCl e levadas por 5 min a 3000 rpm na centrífuga, o sobrenadante foi transferido para balão de 50 ml completado com água destilada, foi realizado apenas um extrato.

Para a determinação dos óxidos pelo método oxalato ácido de amônio, pesou-se 0,250 g de TFSA no escuro em tubos de centrífugas opacos, passadas em peneiras de 80 mesh adicionou 10 ml da solução oxalato ácido de amônio 0,2 mol L⁻¹, pH 3,0 (MCKEAGUE e DAY, 1966) agitados por 4 (quatro) horas no agitador horizontal e em seguida centrifugados por 5 min a 3000 rpm, o sobrenadante foi transferido para recipientes de plástico opacos, também foi realizada uma extração. Também, nestes extratos, determinou-se os teores de alumínio, por espectrofotometria de absorção atômica.

Análise Elementar por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Dispersão de Energia (EDX)

Esta técnica tem a finalidade de identificar e quantificar o teor de óxido de bismuto nos catalisadores, por espectrometria de fluorescência de raios-X por dispersão de energia (EDX). Vem sendo empregada principalmente por não ser destrutiva e por permitir que vários elementos sejam analisados simultaneamente com rapidez. Para isso, foi utilizado um espectrômetro de raios-X com dispersão de energia, EDX-720 Shimadzu, com fonte de radiação de rádio, operando a 15 kV (Na a Sc) ou 50 kV (Ti a U), e fenda colimadora de 10 mm.

As amostras foram analisadas na forma de pó em suportes de polipropileno com diâmetro de 5 mm, vedados com filme de polipropileno de 5 µm de espessura. Os espectros de fluorescência de raios-X foram coletados sob vácuo e as intensidades das linhas de Na, Al, Si e Bi foram tratadas pelo método semi-quantitativo.

Análise mineralógica

Difratometria de Raios – X (DRX)

O método utilizado para identificação dos minerais foi a difratometria de raios X, sendo realizado na fração argila, após dispersão com NaOH 0,01 mol L⁻¹. Os difratogramas foram obtidos por um difratômetro Shimadzu, modelo XRD6000, com monocromador de grafite, operando com radiação CuK α a 40 kV, 30 mA, $\lambda = 1,4$ a 80 Å numa velocidade 2° min⁻¹. Utilizaram-se as fendas de 0,5° para divergência, 0,5° para espelhamento e 0,15 mm para recepção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características Morfológicas

Os solos estudados estão alocados em um mesmo tabuleiro que apresentam no seu topo plano a suave ondulado, diferentes cotas altimétricas e mudanças geomórficas suaves, que associadas afeições diferenciadas de um mesmo material de origem levaram a diferenças consideráveis no processo de formação solos estudados, expressas principalmente na cor e relação textural dos mesmos.

Ao longo da paisagem estudada (Figura 2) observou-se um desnível de 18 m entre o ponto mais alto e o mais baixo estudados, sendo que em cada segmento, onde foram encontradas diferentes classes de solos, o relevo local é plano, sendo o desnível entre eles muito suave, de 2,5 e 3 % de declividade.

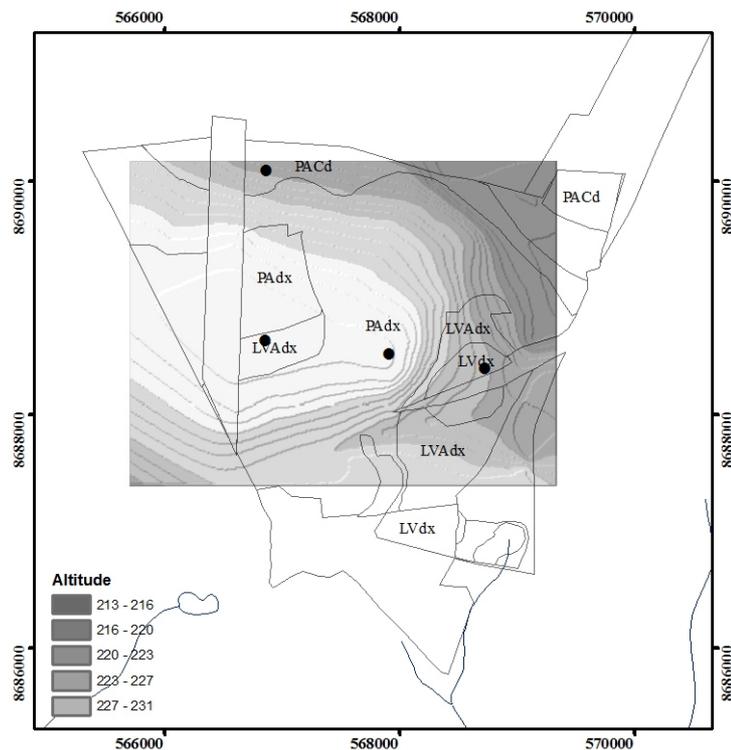


Figura 2: Cotas altimétricas na área de estudo

Uma das características morfológicas observadas em todos os perfis (Tabela 2) é a grande profundidade dos solos, certamente por terem sido formados à partir de

sedimentos inconsolidados, desenvolvidos em uma região de regime climático úmido, vegetação natural de Floresta Subcaducifólia (EMBRAPA, 2006) e relevo, segundo Nunes (2011), com modelados de dissecação homogênea, com feições aplanadas parcialmente conservadas, bem como modelados de dissecação diferencial, onde a erosão remontante eliminou lateralmente parte dos horizontes superficiais. De acordo com este mesmo autor, a drenagem nesta área apresenta padrão dentrítico, canais adaptados e alinhamento estruturais, com drenagem paralela, subparalela e vales dissimétricos.

A análise da perda de solos neste local não evidenciou sinais perceptíveis, o que levou a descrição da mesma como erosão laminar não aparente.

Reforçando a condição de bastante intemperizados, os solos estudados são não rochosos, não pedregosos e apresentam seqüência de horizontes A, AB, BA, B, com transição entre horizontes, em geral plana e difusa. Além disso, são bem drenados, à exceção do solo representado pelo perfil 4, que se mostrou moderadamente drenado, condição esta evidenciada pela coloração acinzentada e por estar em uma área abaciada no topo.

Tabela 2: Propriedades morfológicas dos solos estudados em área dos Tabuleiros Costeiros no município de Inhambupe-Ba.

Horizontes	Prof. cm	Cor (úmido)	Estrutura	Transição	Consistência		
					seca	úmida	molhado
P01							
Ap1	0-6	7,5YR 7/4	1 G Bls	pg	D	Fr	ñPlñPe
A2	6-25	7,5YR 7/4	1 G Bls	pd	D	Fr	ñPlñPe
A3	25-49	7,5YR 6/4	1 G Bls	pd	D	Fr	ñPlñPe
AB	49-70	7,5YR 7/6	1 MG Bls Ma coeso	pd	MD	Fr	LgPILgPe
Bt1	70-105	7,5YR 7/8	1 G Bls Ma coeso	pd	MD	Fr	LgPILgPe
Bt2	105-145	7,5YR 7/8	1 G Bls Ma coeso	pd	MD	Fr	LgPILgPe
Bw1	145-197	7,5YR 7/8	1 P Bls	pd	LD	Fr	LgPlñPe
Bw2	197-210+	7,5YR 7/8	3 MP Gr	-	LD	Fr	LgPlñPe
P02							
A1	0-9	5YR 5/2	1 MG Bls	pd	D	MFr	ñPlñPe
A2	9-18	7,5YR 4/6	1 M Bls	pd	D	Fr	ñPlñPe
AB	18-32	5YR 4/4	1 MG Bls	pd	D	Fr	LgPILgPe
BA	32-47	5YR 4/6	Ma coeso	pg	MD	Fr	LgPILgPe
Bt1	47-78	2,5YR 5/8	Ma coeso	pd	MD	Fr	LgPILgPe
Bt2	78-128	5YR 5/8	1 G Bls	pd	LD	Fr	LgPILgPe
Bw	128-190+	5YR 5/8	1 G Bls	-	LD		LgPILgPe

Tabela 1 - Continuação...

P03							
Ap1	0-10	2,5YR 4/6	1 P Bls	pc	D	Fr	ñPlñPe
A2	10-27	2,5YR 4/8	1/2 P Bls	pc	D	Fr	nPILgPe
A3	27-55	2,5YR 4/8	2 P Bls	pc	D	Fr	LgPaLgPe
AB	55-87	2,5YR 4/8	Ma coeso	pg	MD	Fr	LgPaLgPe
BA	87-123	2,5YR 5/8	Ma coeso	pg	MD	Fr	LgPaLgPe
Bw1	123-160	2,5YR 5/8	Ma coeso	pd	MD	Fr	LgPaLgPe
Bw2	160-215	2,5YR 5/8	3 M P Gr	pd	LD	Fr	LgPaLgPe
Bw3	215-300+	2,5YR 5/8	3 MP Gr	-	LD	Fr	LgPaLgPe
P04							
Ap1	0-17	10YR 5/1	1 MG Bls	pd	D	MFr	ñPlñPe
Ap2	17-39	10YR 5/1	1 MG Bls	pd	D	MFr	ñPlñPe
AB	39-64	2,5YR 4/1	1 G Bls Ma coeso	pd	MD	Fr	LgPILgPe
BA	64-123	10YR 6/2	1 G Bls Ma coeso	pg	MD	Fr	LgPILgPe
Bt1	123-179	2,5YR 7/3	1 G Bls Ma coeso	pc	D	Fr	LgPILgPe
Bt2	179-200+	2,5YR 4/6	1 G Bls	-	LD	Fr	LgPILgPe

Estrutura: 1 – fraca; 2 – moderada; 3 – forte; MP: muito pequena; P: pequena; M: média; G: grande; Gr: granular; Bla: blocos angulares; Bls: blocos subangulares; Gs: grão simples. Ma: maciça; Co: coeso. Consistência: So: solto; Ma: macio; LD: ligeiramente dura; D: dura; MD: muito dura; MFr: muito friável; Fr: friável; ñ: não; Lg: ligeiramente; Pl: plástico; Pe: pegajoso. Transição: p: plana; o: ondulada; a: abrupta; g: gradual; d: difusa; c: clara.

A coesão foi encontrada no P01 entre 49 à 145 cm, 32 à 78 cm no perfil P02, no perfil P03 entre 55 à 160 cm e no perfil P04 entre 39 à 179 cm, conforme as análises morfológicas encontradas na (Tabela 2).

A análise textural realizada em campo (posteriormente confirmada em análise de laboratório) permitiu a observação de, um processo expressivo de argiluviação, suficiente para caracterizar a presença do horizonte B textural nos perfis 1, 2 e 4, enquanto que para o perfil 3 este processo foi menos intenso caracterizando a presença de horizonte B latossólico.

Contrariando as expectativas, observou-se ao longo da paisagem a presença de solo amarelo (7,5YR) na parte mais alta (232m), seguido de solo vermelho-amarelo (5YR) e de solo vermelho (2,5YR), em cotas intermediárias (229 m e 226 m, respectivamente) e de solo acinzentado (2,5Y) na área abaciada do tabuleiro (Figura 2). Com base em trabalhos desenvolvidos na região e em dados de solos descritos em áreas de Tabuleiros Costeiros, esperava-se que os solos vermelhos estivessem na porção mais alta, refletindo uma maior drenagem e conseqüente presença de hematita no solo.

Miranda (2012) encontrou na mesma região dos Tabuleiros Costeiros do litoral norte da Bahia uma seqüência de solos que vai do vermelho ao amarelo, sendo que os

solos vermelhos ocorreram em áreas mais restritas, nas cotas mais altas do Tabuleiro (acima de 208 m), os amarelos nas cotas mais baixas (de 188 m a 151 m), ou em microrregiões abacia das áreas mais sujeitas à drenagem moderada, e os vermelho-amarelos nas cotas intermediárias, predominantes na área estudada.

Segundo Rezende (2000), a mudança de cor desses solos está fortemente associada a ciclos de umedecimento e secagem, levando a solos vermelhos nas áreas com menor permanência de água e amarelos onde a água permanece por maior período. De acordo com Ribeiro (1998), em regiões com período seco pronunciado é forte a relação entre a cor vermelha e o teor de óxido de ferro, enquanto que nas regiões de clima ombrófilo, os solos se tornam mais amarelos, independente do teor de óxido de ferro, demonstrando ausência de hematita e predominância de goethita.

Uma análise mais detalhada dos perfis dos solos estudados permitiu observar que no solo amarelo (perfil 1) os horizontes mais profundos, inclusive aqueles observados por tradagem, a 3 m de profundidade, apresentam coloração semelhante ao solo vermelho-amarelo (perfil 2) e este, na mesma profundidade, apresenta coloração igual ao solo vermelho (perfil 3). Este fato pode sugerir que os solos formados na região podem ter se originado de fácies de um mesmo material, ora mais, ora menos ferruginosa, permitindo assim a formação de solos mais vermelhos ou mais amarelos à depender da proporção deste componente no material de origem. Um fato que pode confirmar esta hipótese foi a observação no perfil 2 (vermelho-amarelo), na base o horizonte Bt2, de um bolsão mais avermelhado (2,5YR 4/8), com presença de uma lâmina fina de mais ou menos 2,0 mm de concreção de ferro na massa do solo, e, em volta deste material uma porção de solo amarelo.

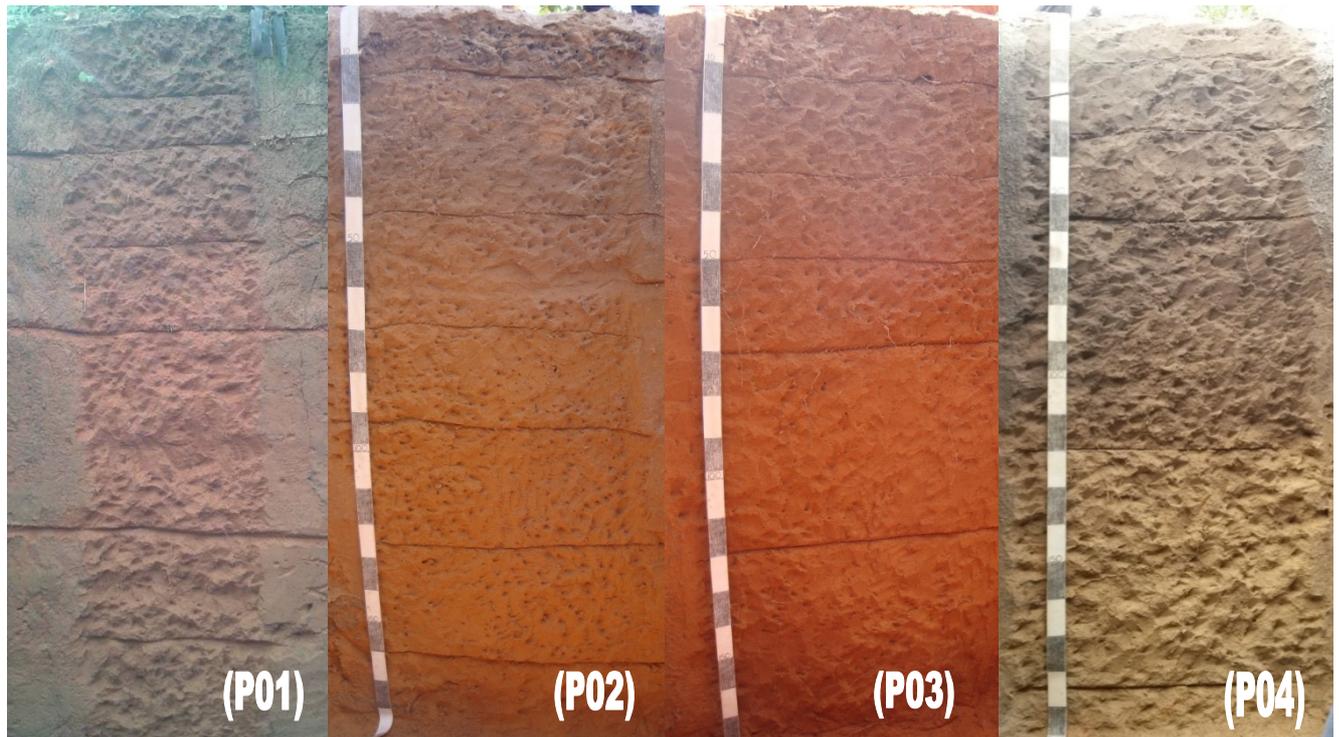


Figura 3: Solos de diferentes cores, com horizontes coesos, desenvolvidos sobre sedimentos do Grupo Barreiras - Fazenda Salgado - Inhambupe - BA.



Figura 4: Concreção de ferro encontrada em massa de Argissolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros em Inhambupe – Ba

Pesquisando a mesma região, Nunes (2011) destacou que solos vermelhos dos tabuleiros foram formados à partir de diamictitos ou duricrostas (ferruginosas ou não), sobre sedimentos areno-lamosos e, ou arenosos do Grupo Barreiras, e transformados, progressivamente, em solos amarelos (processo de xantização dos horizontes mais superficiais), devido às modificações da paisagem provocadas pelas oscilações climáticas e associadas, possivelmente, a reativação tectônica. Além disso, o amarelecimento das camadas mais superficiais do solo pode estar associado ao efeito anti-hematítico da matéria orgânica (RESENDE *et al.*, 2007).

Outro processo que pode explicar a ocorrência de solos vermelho-amarelo e vermelho, em cotas mais baixas que os amarelos, pode está relacionado com a remoção, via processos erosivos, de material superficial mais arenoso e amarelado, favorecendo a formação de solos Vermelhos em cotas mais baixas, em região com predomínio de Argissolos Amarelos. Além disso, a perda de material arenoso dos primeiros horizontes do solo faz com que haja redução no gradiente textural, do novo horizonte A formado sob material mais argiloso de horizontes subsuperficiais, em relação ao B com massa latossólica, dando condições para formação de Latossolos, como possivelmente ocorreu no solo representado pelo perfil 3.

A gênese do solo representado pelo perfil 4, que se encontra na cota mais baixa do relevo e em ambiente abaciado, está relacionada à baixa ocorrência dos óxidos de Fe no material de origem (VIEIRA *et al.*, 2012), além do processo de desferrificação devido as características geomorfológicas e climáticas da região (CORRÊA *et al.*, 2008; LIMA NETO *et al.*, 2010; VIEIRA *et al.*, 2012).

Por conter coesão em seus horizontes transicionais, associada à presença do solo em área abaciada, a dinâmica hídrica vertical é dificultada, o que proporciona a elevação temporária do lençol, resultando na degradação das argilas, possivelmente, pela elevação momentânea da acidez, gerando condições para que ocorram processos como a acidólise (NUNES, 2011).

Resende *et al.*, (1988) diz que o lençol suspenso temporário, também pode criar condições moderadas de redução, ou de "falsa hidromorfia" (FRISTHCH *et al.* 1997), o que favorece a redução do ferro, por ação dos microorganismos no processo de decomposição da matéria orgânica, liberando, por conseguinte, íons de Fe^{+2} para o meio

(RESENDE, 1983; RIBEIRO, 1998), que são facilmente lixiviados devido à matriz mais arenosas de muitos solos presentes em regiões abaciaadas dos Tabuleiros Costeiros.

Diante destas variações ambientais, Nunes (2011) encontrou na região Argissolos Amarelos, presentes nos topos e nas encostas; Argissolos Acinzentados no entorno de algumas depressões fechadas; Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelados em ombreiras de relevos dissecados; bem como, Latossolos Amarelos, que aparecem como inclusões em alguns topos.

Em geral para os solos estudados os horizontes superficiais apresentaram estrutura em blocos subangulares, médios e grandes, e grãos simples, devido à textura arenosa dos mesmos, enquanto que nos horizontes subsuperficiais a estrutura apresentou-se em blocos subangulares médios e grandes para os horizontes Bt (perfis 1, 2 e 4) e blocos subangulares, grandes e fracos que se desfaz em granular, forte, muito pequena para os horizontes Bw (perfis 1 e 3). Todos os solos avaliados apresentaram nos horizontes transicionais AB, BA e no topo ou em todo o B1 estrutura maciça, que se quebra em lascas verticais, sem unidades estruturais, nos perfis 2 e 3 e com unidades estruturais, composta de blocos subangulares, grandes e fracos, nos solos representados pelos perfis 1 e 4.

A consistência dos horizontes superficiais dos solos estudados mostrou-se dura, quando seca, friável e muito friável quando úmida e não plástica e não pegajosa quando molhada, refletindo a condição mais arenosa dos mesmos. Nos horizontes transicionais e topo do B a consistência, em geral, mostrou-se muito dura quando seca, friável quando úmida e ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa quando molhada. Esta condição se repete nos horizontes mais abaixo, exceto pela consistência seca mostrar-se ligeiramente dura quando seca.

Refletindo as características de estrutura em grau maciço, consistência muito dura quando seca, associada à elevada resistência à penetração da faca e do martelo pedológico, todos os solos estudados apresentaram coesão. Esta característica foi identificada nas secções intermediárias dos solos tendo início, entre 32 e 55 cm de profundidade e alcançando entre 78 e 160 cm de profundidade. A coesão observada nos solos apresentou grau de moderado a forte nos perfis 1, 2 e 4 e forte no perfil 3 (solo vermelho).

Vale ressaltar que apesar de muito apresentada e discutida para solos amarelos e acinzentados a coesão em solos vermelho-amarelos e vermelhos é incomum e pouco registrado na literatura científica para solos dos Tabuleiros Costeiros, fato este também observado por Fortunato (2004) e Nunes (2005 e 2011).

In loco pode ser observado que existe uma redução no diâmetro e na quantidade de raízes, variando de poucas à raras em profundidade. A elevada resistência à penetração (RP) desses horizontes, quando secos, dificulta o crescimento das raízes, que tendem a se concentrarem na superfície (LIMA NETO *et al.*, 2009). Os solos de Tabuleiros Costeiros, apesar de serem considerados profundos, possuem uma profundidade efetiva reduzida pela presença de horizontes coesos (SOUZA, 1996). Com a profundidade efetiva reduzida, em campo pode ser observada as raízes pivotantes com direcionamento horizontal em plantas de eucalipto (Figura 5).



Figura 5: Detalhe da horizontalização das raízes e tombamento de plantas de eucalipto em área de cultivo da Fazenda Salgado em Inhambupe-Ba.

Características físicas

De acordo com os resultados obtidos nas análises físicas (Tabela 3), foram identificados solos com textura areia-franca (perfis 1, 2 e 4) e franco-arenosa (perfil 3) nos

horizontes superficiais e horizontes transicionais (AB), respectivamente. A partir do horizonte BA nos perfis estudados, a classe textural foi franco-argilo-arenosa. Pode se observar um aumento no teor de argila em profundidade e redução nos percentuais de areia total.

O gradiente textural encontrado nos perfis estudados, evidenciam uma translocação da argila, que naturalmente são encontrados em solos dos Tabuleiros Costeiros. Possivelmente, essa característica está relacionada a remoção das partículas mais finas, que segundo Corrêa (2008), é conferida pela estabilidade natural da paisagem, onde, o processo de destruição da argila pode ocorrer conjuntamente com a argiluviação, aumentando assim esta diferença textural. Para os perfis 1, 2 e 4, o gradiente textural apresentou valores acima de 1,8, caracterizando para solos com horizonte A arenosos, gradiente textural suficiente para ocorrência de horizonte B textural. No perfil 3 o processo de argiluviação foi menos intenso, observado-se por um gradiente textural de 1,4, portanto insuficiente para caracterização de um B textural.

Os perfis estudados apresentaram baixos teores de silte que variaram entre 13 e 162 g kg⁻¹. Em geral o perfil 3 foi o que apresentou os maiores teores de silte, em todos os horizontes, merecendo destaque para o teor mais elevado desta fração (162 g kg⁻¹) observado no horizonte AB deste solo. Este fato pode ser associado a ação cimentante dos óxidos de Fe e Al mal cristalizados, formando aglutinados de argilas denominados pseudosilte (DONAGEMMA, 2003), o que, possivelmente, tenha levado a superestimação da proporção do silte em detrimento da argila (MITCHELL *et al.*, 1964; SANTANA, 1973; NETTO, 1996). Este processo pode ser causado pela "dispersão ineficiente" no momento da realização da análise textural (DONAGEMMA, 2003) e ocorre mais acentuadamente em solos com maiores teores de óxidos de ferro (VAN WAMBEKE, 1962; BENEMMA *et al.*, 1970; MOURA FILHO & BUOL, 1976; RESENDE, 1985; KUNZE & DIXON, 1986; PEDE & LANGOHR, 1986; VAN WAMBEKE, 1993; GALVÃO & SCHULZE, 1996).

A relação silte/argila nos horizontes diagnósticos dos solos estudados é baixa, sempre inferior a 0,34, indicando, segundo Embrapa (2013) um forte processo de intemperismo. Resultados semelhantes foram encontrados por Moreau (2001), Correa (2008) e Lima Neto (2010), estudando solos dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e por Fortunado (2004), Nunes (2011) e Miranda (2012) no Litoral Norte da Bahia.

A densidade do solo (D_s) variou de 1,45 a 1,78 g.cm^{-3} , sendo os valores mais baixos observados nos horizontes mais profundos e mais argilosos, enquanto que os mais elevados foram encontrados em horizontes superficiais dos solos, refletindo a textura mais arenosa dos mesmos.

De acordo com Kiehl (1979), em geral os solos arenosos apresentam densidade entre 1,25 e 1,4 g.cm^{-3} , enquanto que para solos argilosos estes valores estão entre 1,0 e 1,25 g.cm^{-3} . Para solos orgânicos os valores são abaixo de 1,0 g.cm^{-3} . Estes valores permitem inferir que, isoladamente os dados de densidade do solo não é um bom parâmetro para medir a coesão e, ou cimentação dos solos, conforme destacado por Coelho (2005), ao estudar a gênese de solos cimentados em Tabuleiros Costeiros.

Apesar do aumento no teor de argila observado nos horizontes intermediários e primeiros centímetros do horizonte B, a densidade dos solos permaneceram elevadas, evidenciando a coesão observada nos solos estudados.

Tabela 3: Características físicas dos solos estudados.

Simb.	Prof. cm	Granulometria								Classe Textural	ADA g kg ⁻¹	GD %	Densidade		MP ----- dm ³	mP dm ³	PT
		AMG	AG	AM	AF	AMF	AT	SIL	ARG				DS g cm ⁻³	DP g cm ⁻³			
----- g kg ⁻¹ -----																	
P01																	
Ap1	0-6	2	67	390	372	73	870	30	100	areia franca	100	100	1.78	2.50	0.16	0.14	0.30
A2	6-25	4	68	421	338	63	849	31	120	areia franca	120	100	1.78	2.49	0.16	0.14	0.29
A3	25-49	2	50	367	361	79	802	28	170	franco arenosa	10	6	1.78	2.50	0.16	0.14	0.30
AB	49-70	2	69	378	317	71	846	34	120	areia franca	0	0	1.78	2.50	0.14	0.14	0.29
Bt1	70-105	4	63	348	300	67	740	40	220	franco argilo arenosa	0	0	1.77	2.55	0.15	0.14	0.29
Bt2	105-145	2	60	316	328	72	758	42	200	franco argilo arenosa	0	0	1.75	2.61	0.17	0.15	0.32
Bw1	145-197	3	30	163	430	118	744	43	213	franco argilo arenosa	0	0	1.73	2.64	0.19	0.15	0.34
Bw2	197-210+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.70	2.63	0.19	0.15	0.34
P02																	
Ap1	0-9	9	41	212	485	96	843	47	110	areia franca	110	100	1.78	2.61	0.21	0.11	0.32
Ap2	9-18	1	37	205	514	105	862	11	127	areia franca	127	100	1.76	2.62	0.22	0.11	0.33
AB	18-32	1	32	207	520	107	867	15	118	areia franca	118	100	1.75	2.65	0.22	0.12	0.34
BA	32-47	1	28	143	398	112	682	21	297	franco argilo arenosa	40	13	1.74	2.67	0.24	0.11	0.35
BA	47-78	4	29	166	426	107	732	13	255	franco argilo arenosa	20	8	1.70	2.65	0.23	0.15	0.38
Bt1	78-128	3	35	166	429	108	741	34	225	franco argilo arenosa	10	4	1.57	2.60	0.21	0.18	0.39
Bt2	128-190+	1	28	153	391	110	683	33	284	-	-	-	-	-	-	-	-
P03																	
Ap1	0-10	6	62	266	283	94	711	99	190	franco arenosa	170	89	1.66	2.67	0.17	0.22	0.39
Ap2	10-27	7	88	322	269	69	754	56	190	franco arenosa	140	74	1.67	2.69	0.17	0.22	0.38
Ap3	27-55	7	77	303	263	79	729	102	170	franco arenosa	20	12	1.65	2.67	0.16	0.23	0.39
AB	55-87	11	71	300	250	57	688	162	150	franco arenosa	0	0	1.62	2.67	0.16	0.24	0.39
BA1	87-123	11	69	283	237	79	679	81	240	franco argilo arenosa	0	0	1.65	2.67	0.15	0.24	0.39
BA2	123-160	9	69	268	267	81	693	47	260	franco argilo arenosa	0	0	1.67	2.66	0.16	0.25	0.41
Bw1	160-215	9	67	274	257	66	673	88	240	franco argilo arenosa	0	0	1.47	2.37	0.17	0.21	0.38
Bw2	215-300+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.45	2.35	0.17	0.22	0.39
P04																	
Ap1	0-17	21	81	236	427	112	876	23	101	areia franca	101	100	1.59	2.47	0.15	0.20	0.35
Ap2	17-39	7	70	239	448	111	875	16	109	areia franca	109	100	1.63	2.53	0.15	0.20	0.35
AB	39-64	7	125	202	458	58	850	18	132	areia franca	110	83	1.71	2.62	0.16	0.19	0.35
BA	64-123	13	60	189	366	100	728	24	248	franco argilo arenosa	130	52	1.62	2.60	0.18	0.18	0.36
Bt1	123-179	18	48	167	389	92	714	40	246	franco argilo arenosa	0	0	1.65	2.61	0.20	0.17	0.37
Bt2	179-200+	12	45	160	343	132	691	49	260	franco argilo arenosa	0	0	-	-	-	-	-

Legenda: AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina; AMF = areia muito fina; AT = areia total; SIL = silte; ARG = argila; ADA = argila dispersa em água; GD = grau de dispersão; DS = densidade do solo; DP = densidade de partícula; MP = macroporosidade; mP = microporosidade e PT = porosidade total

Os resultados de densidade de partículas (DP) no horizonte A para os perfis P01 e P04, variaram de 2,40 a 2,53 g cm⁻³, nos perfis P02 e P03, a variação foi de 2,61 a 2,69 g cm⁻³. De acordo com Kiehl (1979), apenas 9% de hematita pode elevar a DP cerca de 4,5% (de 2,65 a 2,77 g cm⁻³). Segundo o mesmo autor a densidade de partículas (DP) para solos que predominam minerais como caulinitas e quartzo, são em média 2,65 g cm⁻³. O autor ainda considera que a matéria orgânica altera consideravelmente densidade de partículas, devido ao seu baixo valor. Em Argissolos Vermelho-Amarelos com a presença de 5% de matéria orgânica pode haver uma diminuição de 23% na DP, baixando de 2,7 para 2,1 g cm⁻³. Estudando alguns Argissolos e Latossolos, no horizonte A esta variação foi de 2,50 a 2,66 g cm⁻³, para os horizonte B, esta variação foi de 2,63 a 2,70 g cm⁻³, resultados semelhantes ao encontrado na área de estudo.

A porosidade está variando de 0,29 a 0,41 dm³ dm⁻³, valores considerados baixos e valores semelhantes aos encontrados por Nunes (2011) e Miranda (2012) estudando Argissolos e Latossolos do Litoral Norte da Bahia. Segundo Kiehl (1979), estes valores são influenciados pelos altos teores de areia que considera em média valores de 30 a 50% para solos arenosos. Pode se observar que nos horizontes subsuperficiais, há um aumento da porosidade do solo, possivelmente relacionado ao menor teor de areia diminuíram quase que linearmente com o aumento da profundidade.

Segundo Ferreira (2010) todas as variáveis condicionantes da estrutura têm influência sobre a porosidade total do solo, tais como textura e matéria orgânica. Os microporos são importantes para a retenção e armazenamento de água pelo solo, ao passo que os macroporos são responsáveis pela infiltração, rápida distribuição e aeração do solo e abaixo de 10 m³ m⁻³ pode tornar-se prejudicial ao desenvolvimento das plantas (KIEHL, 1979; FERREIRA, 2010).

Os valores de macroporosidade variaram entre 0,16 a 0,24 dm³ dm⁻³ e os valores de microporosidade de 0,11 a 0,24 dm³ dm⁻³, tais variações decorrentes dos diferentes teores de argila e areia no decorrer do perfil. Estudando Argissolos e Latossolos no Litoral Norte da Bahia, Nunes (2011) e Miranda (2012) encontraram valores semelhantes.

Características químicas do solo

Em geral, os solos estudados são moderadamente ácidos a fortemente ácidos apresentando pH, sempre abaixo de 5,5 (Tabela 4), à exceção do solo representado pelo perfil 3 que mostrou valores mais elevados em superfície, refletindo os resíduos da prática de correção do solo, comum em área cultivada com eucalipto. Os valores de delta pH são negativos e associado a baixa CTC e baixa atividade de argila encontrados, caracterizam solos com mineralogia mais caulinítica..

Os solos também possuem teores dos elementos do complexo sortivo baixos, conforme CFSEMG (PEDROSO NETO *et al.*, 1999). Os teores de alumínio trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m), são considerados elevados em todos os perfis estudados. Estes resultados são coerentes com os encontrados por (NUNES, 2011; LIMA NETO, 2009; JACOMINE, 1996; SILVA & RIBEIRO, 1998). Estes autores, afirmam que os solos de tabuleiros são quimicamente pobres, devido ao material de origem. Como são solos de mineralogia caulinítica, possuem baixa CTC, inferiores a $13,5 \text{ Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Valores semelhantes foram encontrados por Oliveira *et al.* (1968), Silva & Ribeiro (1998), Moreau (2001) para Latossolos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros e por Nunes (2011) e Miranda (2012) em Argissolos e Latossolos do Litoral Norte da Bahia.

Desta forma, os solos estudados são considerados distróficos, apresentando saturação por base (V), variando de 6 a 36%, com exceção dos horizontes A1 e A2 do solo, representado pelo perfil 3, que possivelmente, encontra-se com valor elevado por efeito residual de adubação e calagem para a cultura do eucalipto.

Devido ao fato de os solos avaliados apresentarem baixos teores e baixa atividade de argila, pode-se inferir que a CTC, é bastante dependente da ação da matéria orgânica. Mas, apesar de o solo estar sob cultivo de floresta plantada (eucalipto), os teores de matéria orgânica são baixos, variando de 0,13 a 0,54% e decrescem em profundidade, sendo 60% menores nos horizontes B dos perfis estudados. Este fato é reflexo tanto da elevada taxa de decomposição da matéria orgânica, observada em ambiente quente e úmido e em solo de textura arenosa, bem como da coesão dos solos que reduz a capacidade de penetração do

sistema radicular das plantas e, conseqüentemente, o aporte de matéria orgânica em profundidade. Quanto à textura e mineralogia, solos mais argilosos e com predominância de óxidos de Fe e Al apresentam uma maior interação com a matéria orgânica, o que resulta provavelmente numa maior proteção física.

Para Bayer *et al.*, (2000), os baixos teores de carbono orgânico podem estar relacionados com a textura franco-argilo-arenosa (elevado teor de areia), o que lhe confere uma menor ligação dos componentes orgânicos com os constituintes coloidais minerais, e, portanto, menor proteção física, facilitando sua decomposição microbiana.

Tabela 4: Características químicas dos solos estudados

Horiz	Prof. cm	pH		P mg.dm ⁻³	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	COT
		H ₂ O	KCl													
P01																
Ap1	0-6	4.8	4.1	0.11	0.06	0.03	0.35	0.55	0.60	3.30	0.99	1.59	4.29	23	38	0.50
A2	6-25	5.0	4.2	0.12	0.05	0.06	0.30	0.45	0.70	3.30	0.86	1.56	4.16	21	45	0.30
A3	25-49	5.1	4.4	0.11	0.05	0.06	0.30	0.45	0.50	3.45	0.86	1.36	4.31	20	37	0.22
ABx	49-70	4.8	4.2	0.12	0.03	0.05	0.23	0.43	0.80	5.25	0.74	1.54	5.99	12	52	0.20
Btx1	70-105	4.7	4.0	0.10	0.03	0.06	0.10	0.40	0.30	6.80	0.59	0.89	7.39	8	34	0.18
Btx2	105-145	4.8	4.0	0.11	0.02	0.02	0.10	0.40	0.70	6.65	0.72	1.24	7.37	10	49	0.15
Bw1	145-197	4.8	4.0	0.11	0.01	0.01	0.10	0.60	0.70	6.80	0.72	1.42	7.52	10	49	0.14
Bw2	197-210+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P02																
Ap1	0-9	5.2	4.0	0.12	0.10	0.05	0.53	1.03	0.30	4.80	1.71	2.01	6.51	26	15	0.44
Ap2	9-18	5.0	3.9	0.12	0.08	0.03	0.35	0.80	0.70	6.80	1.26	1.96	8.06	16	36	0.30
AB	18-32	4.7	3.9	0.11	0.08	0.03	0.10	0.65	0.80	8.60	0.86	1.66	9.46	9	48	0.28
BA	32-47	4.7	3.9	0.11	0.06	0.04	0.05	0.75	0.60	10.60	0.90	1.50	11.50	8	40	0.18
BA	47-78	4.6	3.9	0.11	0.05	0.02	0.05	0.78	0.60	12.60	0.90	1.50	13.50	7	40	0.16
Bt1	78-128	4.7	4.0	0.11	0.01	0.01	0.05	0.63	0.60	10.35	0.70	1.30	11.05	6	46	0.14
Bt2	128-190+	4.8	4.1	0.10	0.01	0.01	0.05	0.45	0.90	8.05	0.52	1.42	8.57	6	63	0.13
P03																
Ap1	0-10	6.5	5.4	0.12	0.05	0.04	1.65	1.20	0.00	0.60	2.94	2.94	3.54	83	0	0.54
Ap2	10-27	6.0	5.0	0.15	0.05	0.05	1.38	0.73	0.00	1.25	2.20	2.20	3.45	64	0	0.35
Ap3	27-55	5.6	4.5	0.11	0.05	0.04	0.53	0.63	0.55	2.25	1.24	1.79	3.49	36	31	0.24
AB	55-87	5.1	4.2	0.10	0.03	0.06	0.25	0.80	0.60	4.70	1.14	1.74	5.84	20	34	0.22
BA1	87-123	4.5	4.0	0.10	0.03	0.05	0.13	0.73	0.50	6.65	0.93	1.43	7.58	12	35	0.17
BA2	123-160	4.5	4.0	0.10	0.03	0.02	0.20	0.55	0.10	5.15	0.80	0.90	5.95	13	11	0.16
Bw1	160-215	4.6	4.1	0.10	0.01	0.01	0.20	0.45	0.30	3.80	0.67	0.97	4.47	15	31	0.15
Bw2	215-300+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P04																
Ap1	0-17	5.5	4.4	0.12	0.07	0.04	0.88	0.98	0.65	3.85	1.97	2.62	5.82	34	25	0.43
Ap2	17-39	5.2	4.1	0.12	0.04	0.04	0.58	0.88	0.70	5.15	1.54	2.24	6.69	23	31	0.38
AB	39-64	4.9	3.9	0.11	0.05	0.02	0.30	0.80	0.60	6.50	1.17	1.77	7.67	15	34	0.32
BA	64-123	4.9	3.9	0.11	0.05	0.02	0.25	0.75	0.60	6.55	1.07	1.67	7.62	14	36	0.29
Bt1	123-179	5.0	3.9	0.11	0.03	0.01	0.20	0.75	0.50	6.50	0.99	1.49	7.49	13	34	0.20
Bt2	179-200+	4.7	3.8	0.10	0.01	0.01	0.38	0.68	0.50	7.35	1.08	1.58	8.43	13	32	0.14

Legenda: SB - soma de bases; t - CTC efetiva; T - CTC total; m - saturação por alumínio e COT - carbono orgânico total.

Teores de óxidos (Si, Fe, Al e Ti) na TFSA e na Fração Argila

A composição química total dos solos estudados (tabela 4), obtida pela fluorescência de raio x da fração total do solo, evidencia, em geral, predomínio de SiO_2 e Al_2O_3 e baixas proporções Fe_2O_3 e TiO_2 . De acordo com Coelho (2005) esta composição reflete a mineralogia caulínica da fração argila e a natureza quartzosa das frações mais grosseiras, em solos extremamente dessaturados de bases.

Em se tratando dos Tabuleiros Costeiros, é comum a pobreza em Fe_2O_3 dos solos, por conta principalmente do seu material de origem (RIBEIRO, 1998). Nos solos estudados, apesar dos baixos valores, que não ultrapassaram $2,55 \text{ dag kg}^{-1}$, observou-se uma redução gradativa dos teores de ferro: vermelho > vermelho-amarelo > amarelo > acinzentado, evidenciando a perda deste elemento no processo de evolução dos solos, principalmente quando os mesmos são formados em áreas abaciadas com maior fluxo de água. Reforça esta condição os valores da relação $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$, que se mostrou sempre maior no solo acinzentado. Segundo UFV (1984) este é um processo considerado normal, pois, o ferro se perde juntamente com a argila, o que justifica os menores teores nas camadas superficiais.

Segundo Lima Neto (2010), os menores teores de Fe_2O_3 encontrados em solos acinzentados, deve-se a sua drenagem imperfeita, que colabora para a intensificação da redução do Fe^{3+} para Fe^{2+} , mais móvel, facilitando sua remoção por lixiviação (SCHWERTMANN, 1985).

Os teores de Ferro, obtidos na fração total do solo ($0,26$ a $2,55 \text{ dag kg}^{-1}$) são ligeiramente superiores, mais próximos dos valores encontrados na fração argila ($0,23$ a $2,41 \text{ dag kg}^{-1}$) tanto por leitura no EDX, quanto pelo ataque sulfúrico. Este fato indica que a maior parte do ferro dos solos estudados estão na fração argila, na forma de óxidos e uma parte muito pequena pode estar na forma de “pseudosilte” ou na fração areia na forma de concreções. De qualquer forma, este dado evidencia o elevado grau de intemperismo dos solos estudados.

Observa-se que os teores dos elementos extraídos na digestão sulfúrica e lidos no EDX para a fração argila, seguem a mesma tendência dos teores de argila, crescendo em profundidade (Tabela 5). Os mesmos corroboram com os

dados estudados por Lima Neto (2010), que também apresentou dados com a mesma tendência, principalmente nos Argissolos.

Tabela 5: Teores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , na TFSA (terra fina seca ao ar) e na fração argila, e relações moleculares $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$, Ki e Kr dos solos estudados, obtidos por leitura direta no EDX (fluorescência de raio X) e pelo ataque sulfúrico.

Perfil	Camadas	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$	Ki	Kr
		-----dag kg^{-1} -----						
EDX – TFSA								
P01	ACIMA	81,72	16,77	0,80	0,39	20,96	-	-
	COESO	77,66	20,79	1,03	0,42	20,18	-	-
	ABAIXO	71,26	26,21	1,76	0,61	14,89	-	-
P02	ACIMA	78,58	19,77	1,00	0,41	19,77	-	-
	COESO	68,65	27,94	2,10	0,78	13,30	-	-
	ABAIXO	68,50	28,47	2,14	0,72	13,30	-	-
P03	ACIMA	76,73	21,32	1,34	0,43	15,91	-	-
	COESO	68,67	28,09	2,38	0,66	11,80	-	-
	ABAIXO	67,30	29,29	2,55	0,66	11,49	-	-
P04	ACIMA	80,43	18,74	0,26	0,41	70,74	-	-
	COESO	75,66	23,33	0,38	0,53	60,76	-	-
	ABAIXO	69,23	29,37	0,58	0,67	50,55	-	-
EDX – fração argila								
P01	ACIMA	5,20	4,63	0,61	0,12	7,61	1,9	1,8
	COESO	7,74	7,12	0,93	0,18	7,63	1,9	1,7
	ABAIXO	10,42	9,72	1,28	0,26	7,57	1,8	1,7
P02	ACIMA	6,95	5,88	0,81	0,19	7,25	2,0	1,8
	COESO	11,85	11,09	1,49	0,29	7,45	1,8	1,7
	ABAIXO	11,95	11,26	1,48	0,31	7,62	1,7	1,6
P03	ACIMA	7,79	6,89	0,91	0,16	7,54	1,9	1,8
	COESO	13,34	12,13	1,60	0,26	7,59	1,9	1,7
	ABAIXO	13,94	12,09	1,61	0,25	7,49	2,0	1,8
P04	ACIMA	7,36	6,19	0,23	0,18	27,14	2,0	2,0
	COESO	10,47	9,13	0,31	0,26	29,93	1,9	1,9
	ABAIXO	12,80	10,88	0,36	0,28	30,65	2,0	2,0
Ataque Sulfúrico - TFSA								
P01	ACIMA	3,48	3,59	0,75	0,13	4,79	1,7	1,5
	COESO	7,21	8,40	1,00	0,19	5,26	1,5	1,4
	ABAIXO	6,91	8,43	1,53	0,32	5,51	1,4	1,3
P02	ACIMA	4,69	4,44	0,99	0,16	4,48	1,8	1,6
	COESO	7,39	8,23	1,73	0,30	4,76	1,5	1,4
	ABAIXO	7,61	8,54	1,72	0,34	4,97	1,5	1,3
P03	ACIMA	6,01	5,72	1,30	0,17	4,40	1,8	1,6
	COESO	11,99	12,26	2,41	0,39	5,09	1,7	1,5
	ABAIXO	8,79	10,01	2,05	0,31	4,88	1,5	1,3
P04	ACIMA	3,93	3,95	0,29	0,14	13,62	1,7	1,6
	COESO	6,06	6,81	0,43	0,27	15,84	1,5	1,5
	ABAIXO	5,44	4,97	0,53	0,32	9,38	1,9	1,7

Em geral, os teores de óxidos obtidos na fração argila, pela leitura direta no EDX e pelo ataque sulfúrico são bastante próximos, mas ligeiramente superiores para o segundo método o que pode indicar uma superestimação dos valores encontrados por este último método.

As relações moleculares K_i e K_r , obtidas tanto pela leitura no EDX, quanto pelo ataque sulfúrico apresentam valores superiores a 0,75, confirmando, conforme qualificativos sugeridos por Embrapa (2013), a natureza caulínica de todos os solos estudados. Os valores de K_i variaram entre 1,4 e 1,9, sempre próximo a 2,0, valor este considerado ideal para a caulinita, conforme Coelho (2005)

Em uma revisão sobre os latossolos do Brasil, Ker (1998), cita que os teores de Fe_2O_3 , extraídos pelo ataque sulfúrico (AS), situam-se entre 1,5 e 7,0 $dag\ kg^{-1}$ para Latossolos Amarelos, e o K_i normalmente maior que 1,5, afirma sua natureza caulínica. O autor ainda cita que as principais causas da estrutura em blocos subangulares encontradas e que são fracamente desenvolvidas em condições de baixa estabilidade em água, deve-se a ausência de gibsitita e os baixos teores de Fe_2O_3 (menores que 7%).

A relação densidade do solo, grau de coesão e o conteúdo de Fe_2O_3 , como citado por Achá Panoso (1976); Bennema & Camargo (1979); Lima Neto (2010) não foi observado nos solos estudados. Nesse estudo a densidade do solo está mais relacionada com os teores de areia, sendo mais influenciada pela densidade de partícula.

De acordo com Ferreira *et al.* (1999), a presença dos óxidos de Al e Fe e a matéria orgânica, desorganizam o ajuste face-a-face das partículas de caulinita, reduzindo assim a coesão do solo. Mas, para os solos avaliados no presente estudo, apesar dos baixos teores de ferro encontrados, não foi observada redução da coesão nas análises morfológicas dos solos mais vermelhos, que apresentaram teores de ferro, ligeiramente, superiores aos solos amarelo e acinzentado.

Características mineralógicas

Mineralogia por difração de Raios X

De acordo com os espectros de difratometria de raio X (DRX), o mesmo padrão de caulinita foi encontrado em todos os solos e camadas avaliadas. Picos em 12,361°, 20,344°, 24,869°, 34,937° referentes à estrutura de caulinita como encontrado na Base de dados ICSD 068697 PDF 14-164, mostraram grande homogeneidade na massa mineralógica da fração argila em todos os solos e camadas (Figura 6). Em geral, as análises realizadas mostraram nos solos amarelo e acizentado a presença apenas da caulinita e goethita enquanto que nos solos vermelho-amarelo e vermelho estes minerais estavam também associados à hematita.

De acordo com Coelho (2005) sedimentos que deram origem aos solos desenvolvidos no ambiente dos tabuleiros são considerados muito simples, pois são constituídos basicamente por caulinita e quartzo. Esta afirmação é confirmada por autores como Lima *et al.* (2004); Moreau *et al.* (2006); Corrêa *et al.* (2008); Giarola *et al.* (2009); Lima Neto, (2010), que destacam a importância e presença da caulinita como mineral dominante em solos dos Tabuleiros Costeiros, assim como Jacomine (1996) e Rezende (2000), que também afirmam que a fração areia destes solos é, essencialmente, constituída por quartzo.

Para Resende (1982) e Moreau (2006), a predominância da caulinita na fração argila nos solos dos Tabuleiros Costeiros, pode contribuir na coesão do solo, pois, sua forma laminar, possibilita o ajuste face-a-face das partículas, onde existe pouca matéria orgânica e um maior ciclo de umedecimento e secagem. Porém, para Corrêa (2008), a coesão destes horizontes/camadas, está ligada à migração e aos maiores teores de argila fina.

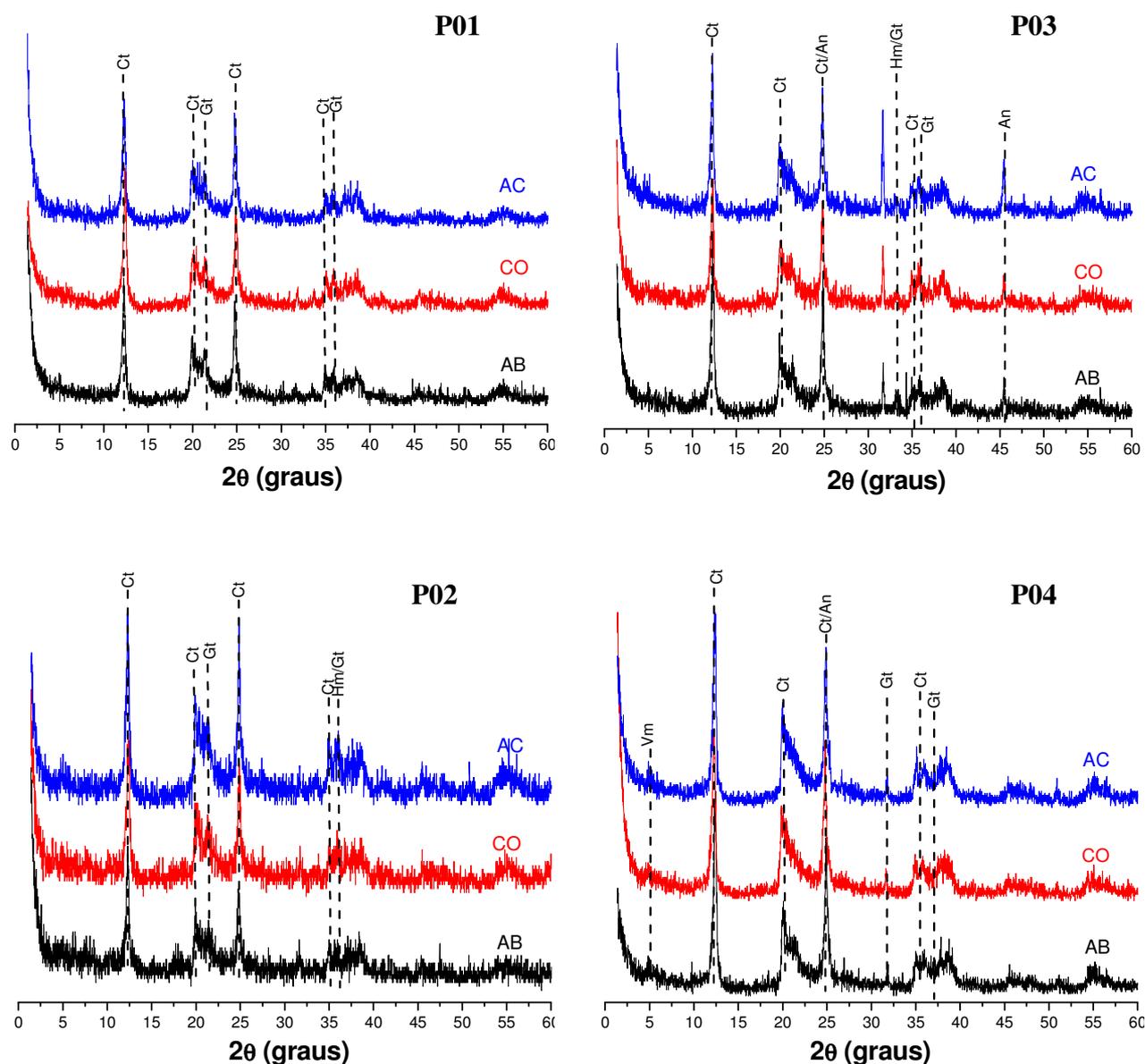


Figura 6: Difratogramas de raios X da fração argila das camadas acima do coeso (AC), no coeso (CO) e abaixo do coeso (AB) para os Perfis estudados (lâminas em pó). Ct - caulinita; Gt - goethita; Hm - hematita; An- anatásio e Vm - vermiculita.

Fe e Al extraídos pelo ditonito-citrato-bicarbonato e pelo oxalato de amônio

Os solos apresentaram Fe_d variando de 0,08 a 1,07 $dag\ kg^{-1}$ com menores teores no perfil P04, Fe_o variando 0,01 a 0,02 $dag\ kg^{-1}$, Al_d variado de 0,03 a 0,16 $dag\ kg^{-1}$ e Al_o variando de 0,02 a 0,03 $dag\ kg^{-1}$ (Tabela 6). Os baixos teores de Fe

e Al extraídos pelo ditionito-citrado-bicarbonato (DBC) e pelo oxalato de amônio são explicados nos solos em estudo pelos baixos teores destes elementos encontrados em seu material de origem. Resultados semelhantes foram encontrados por Moreau (2001); Corrêa (2005) e Lima Neto (2008). De acordo com Corrêa (2005), os baixos teores de óxidos de ferro foram causados por um possível processo de desferrificação, devido as condições climáticas da região.

Assim como no ataque sulfúrico, o P04 (PAC) foi o que apresentou os menores teores de Fe na extração do DBC, estando relacionado com a má-drenagem do local. O ferro cristalino não variou expressivamente entre as camadas coesas (CO) e abaixo do coeso (AB), entretanto, apresentou valores menores nas camadas acima do coeso (AC), possivelmente, por apresentar uma textura mais arenosa. Com exceção do P04 (PAC), os teores Fe_d foram mais elevados do que o Fe_o , que por sua vez não apresentou variação entre as camadas (Tabela 6).

Os teores de Fe extraídos pelo ditionito (Fe_d) são considerados baixos. Quando observados em profundidade, percebe-se que a camada (AC) apresenta valores inferiores em relação às camadas CO e AB (Tabela 6), possivelmente influenciada pela matéria orgânica, que inibe a cristalização dos óxidos de Fe (SCHWERTMANN, 1966), com exceção do perfil P04, que por sua vez, apresenta em todas as camadas valores muito pequeno. Quando comparados com os valores do Fe_o , os teores de Fe_d foram superiores e a relação Fe_o/Fe_d sugeriram formas de Fe de cristalinidade melhor nos perfis P03, P01 e P02

Tabela 6: Teores de Fe e Al na terra fina seca ao ar (TFSA) e na fração argila, por extração com ditionito-citrato-bicarbonato e com oxalato de amônio (Fe_2O_3) e relações Fe_o/Fe_d e Al_o/Al_d .

Perfil	Camadas	DBD Fe_d	DBC Al_d	Oxa Fe_o	Oxa Al_o	Fe_o/Fe_d	Al_o/Al_d
-----dag kg ⁻¹ -----							
TFSA							
P01	ACIMA	0,39	0,06	0,01	0,02	0,03	0,36
	COESO	0,51	0,09	0,01	0,03	0,03	0,29
	ABAIXO	0,69	0,13	0,01	0,03	0,01	0,26
P02	ACIMA	0,55	0,10	0,03	0,03	0,05	0,30
	COESO	0,88	0,16	0,02	0,05	0,02	0,31
	ABAIXO	0,80	0,15	0,01	0,04	0,01	0,28
P03	ACIMA	0,65	0,06	0,02	0,04	0,03	0,61
	COESO	1,06	0,09	0,02	0,05	0,02	0,55
	ABAIXO	1,07	0,09	0,02	0,04	0,02	0,48

P04	ACIMA	0,08	0,03	0,01	0,03	0,14	1,02
	COESO	0,08	0,03	0,02	0,04	0,19	1,34
	ABAIXO	0,09	0,03	0,01	0,04	0,16	1,56
FRAÇÃO ARGILA							
P01	ACIMA	2,93	0,47	0,15	0,15	0,05	0,31
	COESO	3,64	0,71	0,10	0,17	0,03	0,25
	ABAIXO	3,97	0,72	0,06	0,19	0,02	0,26
P02	ACIMA	3,97	0,78	0,20	0,17	0,05	0,22
	COESO	4,41	0,79	0,10	0,17	0,02	0,22
	ABAIXO	3,70	0,83	0,07	0,24	0,02	0,29
P03	ACIMA	4,07	0,44	0,11	0,16	0,03	0,37
	COESO	4,25	0,38	0,09	0,15	0,02	0,41
	ABAIXO	4,43	0,40	0,08	0,16	0,02	0,40
P04	ACIMA	0,64	0,25	0,11	0,24	0,17	0,97
	COESO	0,51	0,17	0,09	0,18	0,18	1,06
	ABAIXO	0,62	0,23	0,07	0,19	0,11	0,83

Fe_d = ferro ditionito; Fe_o = ferro extraído oxalato; Al_d = alumínio ditionito e Al_o = alumínio oxalato

Os valores de Al_d também são inferiores na camada AC, que por sua vez, são maiores que os teores de Al_o, também sugerindo formas mais cristalinas. Os valores das camadas coesas são semelhantes aos das camadas abaixo do coeso (Tabela 6).

No geral, os teores de Fe_d e Al_d apresentaram valores superiores nas camadas CO e AB (Tabela 6), o que aumenta a hipótese de que a coesão pode estar relacionada aos ciclos de umedecimento e secagem, agregada aos teores de argila fina. Visto que, os teores dos elementos têm forte influencia na coesão dos solos, de acordo com a literatura.

Diversos trabalhos apresentam divergências entre a relação direta da cristalinidade dos compostos e a gênese do coeso, uma vez que são observados diferentes resultados e correlações nos trabalhos (NUNES, 2011). Alguns trabalhos, conforme citado por Nunes (2011), já indicavam a coexistência de caulinitas bem cristalizadas e mal cristalizadas em solos coesos dos Tabuleiros Costeiros.

Alguns trabalhos, já relatam que o grau de cristalinidade das caulinitas tanto no horizonte coeso, quanto nos não-coesos são similares. Porém, menores que os da caulinita de referência, para Giarola *et al* (2009), se o grau de cristalinidade elevado fosse responsável pelo ajuste face a face dos cristais de caulinita, e por sua vez, pela manifestação do caráter coeso, estes horizontes, deveriam apresentar propriedades diferentes.

Os solos estudados apresentaram baixos teores de óxidos de ferro (Fe_o), alumínio (Al_o) e silício (Si_o), extraídos pelo ataque com oxalato ácido de amônio (Tabela 6) indicando a pobreza de materiais mal-cristalizados, muito comuns em solos ferralíticos (KAMPF, CURI, 2003).

Os maiores teores de Fe_o foram encontrados na camada acima do coeso, que pode estar relacionado com um processo de hidromorfia temporária, a qual esta camada pode estar submetida, conforme Nunes (2011). Tal processo reduz a cristalinidade dos óxidos de ferro e promove sua dissolução. Romero (2003) diz que os teores de carbono e ácidos orgânicos podem reter estes óxidos dificultando a cristalinização.

Enquadramento nos sistemas de classificação

Com base nas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas os solos estudados foram classificados como: Perfil 1 - ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico; perfil 2 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico coeso; perfil 3 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico coeso e perfil 4 - ARGISSOLO ACIZENTADO distrocoeso arênico.

Por não ser contemplado no terceiro nível categórico, tais como nos solos Amarelos e Acinzentados, o atributo de coesão foi destacado no quinto nível categórico para os solos vermelho e vermelho amarelo.

Na área estudada (Figura 7) predominam os Argissolos Amarelos conforme levantamento de solos realizado pela empresa. Apesar de estar na mancha de solo representada pelo Latossolo Vermelho-Amarelo, o solo estudado no perfil 2 foi classificado como Argissolo latossólico, estando, portanto associado a esta primeira classe. Este fato evidencia a ocorrência na região dos Tabuleiros Costeiros de solos que apresentam gradiente textural no limite para serem enquadrados como Latossos ou Argissolos.

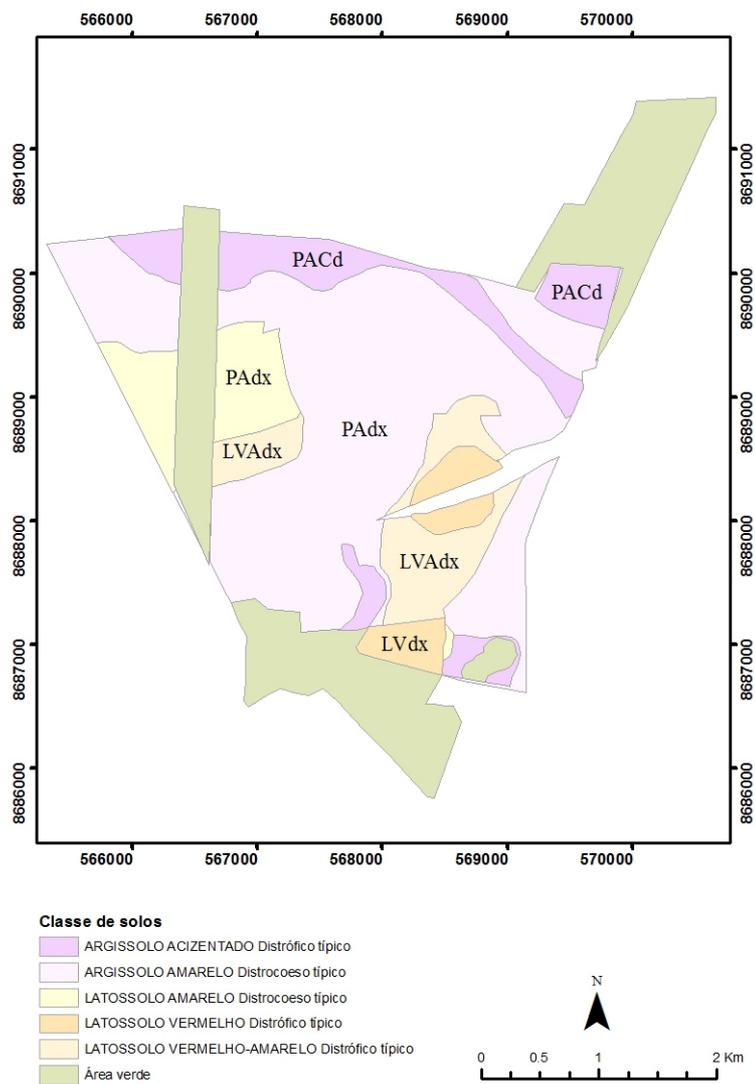


Figura 7: Mapa de distribuição das classes de solos na Fazenda Salgado em Inhambupe - BA. (Fonte: Bahia Pulp)

CONCLUSÕES

Os solos estudados apresentaram coesão, independentemente da sua cor, sendo que o solo vermelho apresentou em campo coesão mais forte que os solos amarelo, vermelho-amarelo e acinzentado

A coesão dos solos estudados parece estar mais associada à matriz caulínica, migração de argila entre horizontes e ciclos de umedecimento e secagem.

Estão presentes na região estudada Argissolos e Latossolos Amarelos, Vermelho-amarelos, Vermelhos e Acinzentados, sendo que o primeiro predomina na paisagem.

REFERÊNCIAS

ACHÁ-PANOSO, L. **Latossolo Vermelho-Amarelo de “Tabuleiro” do Espírito Santo: formação, características e classificação.** Recife, PE: UFRPE, 1976. 116p. (Tese de Livre Docência) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1976.

ARAUJO FILHO, J.C.; CARVALHO, A.; SILVA, F.B.R. Investigações preliminares sobre a pedogênese de horizontes coesos em solos dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais.** Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, p.123-142. , 2001.

ARCANJO, J.D. **La formation barreiras dans la region de Vitória, ES.** Tese (Tese de Doutorado)- Université Louis Pasteur, Strasbourg. 110f. 1990.

BARZEGAR, R.; RENGASAMY, P. & OADES, M. Effects of clays type and rate of wetting on the mellowing of compacted soils. **Geoderma**, 68:39-49, 1995.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. & MARTIN-NETO, L. Efeitos de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:599-607, 2000.

BENEMMA, J.; JONGERIUS, A. & LEMOS, R.B. Micromorphology of some oxic and argillic horizons in south Brazil in relation to weathering sequences. **Geoderma**, 4:333-355, 1970.

BENNEMA, J. & CAMARGO, M.N. Some remarks on Brazilian Latosols in relation to the Oxisols of soil taxonomy. In: **INTERNATION SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP**, 2., Malaysia, 1978. Proceedings. Bangkok, SSD - LDD, 1979. p.233-235.

BIGARELLA, J.J., ANDRADE, G.O. **Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras)**. Arquivos do Instituto de Ciência da Terra, Recife, v. 2, p.2-14, 1964.

BITTENCOURT, A.C. da S.P. **As coberturas terciárias e quaternárias do interior da zona costeira**. In: BARBOSA, J.S.F. e DOMINGUEZ, J.M.L. Geologia da Bahia: texto explicativo para o mapa geológico. Salvador : Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1996. 400p.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – Secretaria Geral. Pedologia. In: Folhas SF.23/24-Rio de Janeiro/Vitória. Projeto **RADAMBRASIL**, 1983. p. 385-552. (Levantamento de Recursos Naturais-Vol. 32).

BRINKMAN, R. **Ferrolysis, a soil forming process in hydromorphic conditions**. Agricultural University of Wageningen, 1979. 106p. (Tese de Doutorado).

CINTRA, F. L D.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil: uma análise dos efeitos do regime hídrico e da presença de camada coesas nos solos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 02, p. 77-80, 1997.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. (5ª Aproximação). Viçosa, MG, 1999. 359p.

CORRÊA, M.M. **Gênese de horizontes coesos e fragipãs de solos do ambiente Tabuleiros Costeiros**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 72p. (Tese de Doutorado)

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. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:297-313, 2008.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Instruções e procedimentos de padronização no tratamento digital de dados para projetos de mapeamento da CPRM**: manual de padronização. Rio de Janeiro, 2005. v. 2

CURI, N.; FRANZMEIER, D. P. Toposequence of Oxisols from the central plateau of Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, p. 341-346, 1984.

DANTAS, J.R.A. **Mapa geológico do Estado de Pernambuco**. Recife, DNPM. 112p, 1980.

DONAGEMMA, G.K.; RUIZ, H.A.; FONTES, M.P.F.; KER, J.C., SCHAFFER, C.E.G.R., Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural, **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2003, vol.27, n.4

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF, 412p. 2006

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema **Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**, Brasília, 2009, 627p.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:507-514, 1999.

FERREIRA, M. M. **Caracterização física do solo**. In: LIER, Q. J. Física do solo. 1. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2010. Cap. I, p. 1-28.

FONSECA, O.O.M. **Caracterização e classificação de solos Latossólicos e Podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral Brasileiro. Itaguaí, RJ: UFRRJ, 1986. 185p.**, Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de concentração em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1986.

FORTUNATO, F.F. **Sistemas pedológicos nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte da Bahia: uma evolução controlada por duricrostas preexistentes, neotectônica e mudanças paleoclimáticas do Quaternário**. Tese (Doutorado)- Universidade Federal da Bahia. 2004.

FRANZMEIER, D.P.; CHARTRES, C.J.; WOOD, J.T. Hardsetting soils in Southeast Australia: landscape and profile processes. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, p.1178-1187, 1996.

GALVÃO, T.C.B. & SCHULZE, D.G. Mineralogical properties of a collapsible lateritic soil from Minas Gerais, Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 6:1969-1978, 1996.

GIAROLA N.F.B.; LIMA, H.V.; ROMERO, R.E.; BRINATTI, A.M.; SILVA, A.P. Mineralogia e cristalografia da fração argila de horizontes coesos de solos nos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.33-40, 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.; IMHOFF, S.; DEXTER, A.R. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. **Geoderma**, Amsterdam, v.113, p.95-108, 2003.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; TORMESA, C.; SOUZA, L.S.; RIBEIRO, L.P. Similaridade entre o caráter coeso dos solos e o comportamento hardsetting: estudo de caso. **Revista Brasileira de Ciência 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, Cruz das Almas, 1996. **Anais**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1996. p.13-24.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: Reunião Técnica sobre Solos Odos Tabuleiros Costeiros. **Anais...** EMBRAPA/UFBA. 1996. p13-26.

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

JACOMINE, P.K.T. Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros: características, distribuição geográfica, gênese e manejo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25, 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** SBCS. Seção 5.

JACOMINE, P.K.T.; MONTENEGRO, J.O. & RIBEIRO, M.R. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe**. Recife, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1975. 506p. (Boletim Técnico, 36. Série Recursos de Solos, 6)

KÄMPF, N. & CURI, N. **Argilominerais em solos brasileiros**. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.1-54.

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Goethite and hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. **Geoderma**, v.29, p.27-39, 1983.

KER, J.C. **Latossolos do Brasil: uma revisão**. Geonomos, 5:17-40, 1998.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relação solo-água-plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KLAMT, E.; MEURER, E.J. Composição da fase sólida mineral do solo. In MEURER, E.J. Fundamentos da uímica do solo. 1. ed. Porto Alegre: **Gênese**, 2000, cap. 2. p. 23-44.

KUNZE, G.W. & DIXON, J.B. Pretreatment for mineralogical analysis. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison, **American Society of Agronomy**, 1986. p.91-99.

LABOURIAU, M.L.S. **História Ecológica da Terra**. Editora Edgar Blucher LTDA, 2ª ed., São Paulo, 1998.

LAMOTTE, M.; BRAUND, A.; HUMBEL, F.X.; HERBILLON, A.J. & RIEU, M. A hard sandy-loam soil from semi-arid northern Cameroon: Fabric of the groundmass. **Eur. J. Soil Sci.**, 48:213-225, 1997a.

LAMOTTE, M.; BRAUND, A.; OHNENSTETTER, D.; ILDEFONSE, P. & PÉDRO, G. A hard sandy-loam soil from semi-arid northern Cameroon: Geochemistry and mineralogy of the bonding agent. **Eur. J. Soil Sci.**, 48:227-237, 1997b

LEMOES, R.C. & SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 84p.

LIMA NETO, J. A.; RIBEIRO, M.R, CORRÊA, M.M.; SOUZA-JUNIOR, V.S.; ARAÚJO FILHO, J.C.; 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 Ciência do Solo**, v. 34, n. 02, p. 473-486, 2010.

LIMA NETO, J. A. RIBEIRO, M.R, CORRÊA, M.M.; SOUZA-JUNIOR, V.S.; ARAÚJO FILHO, J.C.; LIMA, J.F.W.F, LIMA FERREIRA, R.F.A. Caracterização e gênese do caráter coeso em Latossolos Amarelos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 04, p. 1001-1011, 2009.

LIMA NETO, J.A. **Caracterização e gênese do caráter coeso em Latossolos Amarelos e Argissolos da região dos Tabuleiros Costeiros do estado de Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 83p. 2008.

LIMA, H. V.; SILVA, A.P.; ROMERO, R.E.; JCAOMINE, P.K.T. Comportamento físico de um argissolo acinzentado coeso no estado do ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 01, p. 33-40, 2005.

LIMA, H. V.; SILVA, A.P.; JACOMINE, P.T.K.; ROMERO, R.E. Identificação e caracterização de solos coesos no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 03, p. 467-476, 2004.

LIMA, H. V.; SILVA, A.P.; SANTOS, M.C.; COOPER, M.; ROMERO, R.E. Micromorphology and image analysis of a hardsetting ultisol (Argissolo) in the state of Ceara (Brazil). **Geoderma**, v. 132, n. 03/04, p. 416-426, 2006.

LIMA, H.V.; SILVA, A.P.; SANTOS, M.C.; COOPER, M.; ROMERO, R.E. Micromorphology and image analysis of a hardsetting Ultisol (Argissolo) in the State of Ceará (Brazil). **Geoderma**, 132:416-426, 2006.

MARTIN, L.. **Mapa Geológico do quaternário costeiro do estado da Bahia – 1:250.000**; texto explicativo. Salvador, Secretaria das Minas e Energia, Coordenação da Produção Mineral, 57p. 1980.

MCKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soil. **Canadian Journal of Soil Science**, v.46, p.13-22, 1966.

MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. **Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate**. Proc. Clays Clay Miner. Conf., 7:317- 327, 1960.

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SINGH, B.; NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F. Propriedades químicas e cristalográficas da caulinita e dos óxidos de ferro em sedimentos do Grupo Barreiras no Município de Aracruz, Estado do Espírito Santo. **R. bras. Ci. Solo**. v.26, p.53-64, 2002.

MIRANDA, M. C. de. **Capacidade produtiva e qualidade de sítios cultivados com eucalipto em Argissolos de Tabuleiro no Litoral Norte da Bahia. 2012**. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Solos e Qualidade dos Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.

MITCHELL, B.O.; FARMER, V.C. & McHARDY, W.J. Amorphous inorganic materials in **soils**. **Adv. Agron.**, 16:327-383, 1964.

MORAES REGO, L.F. de. **Notas sobre a geologia do Território do Acre e da bacia do Javary**. Manaus, C. Cavalcanti, 1930. 45p.

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, 2006b.

MOREAU, A. M. S. S.; KER, J.C.; COSTA, L.M.; GOMES, F.H. Caracterização de solos de duas topossequências em Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 1007-1019, 2006a.

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, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 138p. (Tese de Doutorado)

MOURA FILHO, W. & BUOL, S.W. Studies of Latosol Roxo (Eutrústox) in Brazil: micromorphology effect on ion release. **Experientiae**, 21:161-177, 1976.

MULLINS, CE **solos coesos.** In: Sumner, ME, ed. Manual de Ciência do Solo. Madison, CRC Press, 1999. p.G65-G87

NETTO, A.R. **Influência da mineralogia nas propriedades físico-químicas de solos brasileiros.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 144p. (Tese de Mestrado)

NUNES, F. C. **Pedogênese e evolução de solos vermelhos e amarelos de Tabuleiros em uma toposequência no Litoral Norte da Bahia.** UFBA. Salvador, BA, p. 210. 2005. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente. Universidade Federal da Bahia.

NUNES, Fábio Carvalho., **Contando histórias de Tabuleiros Costeiros: aproximações de sistemas pedológicos e geomorfológicos no litoral norte da Bahia.** 2011. 412 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia Costeira e Sedimentar, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Cap. 6.

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

PEDE, K. & LANGOHR, R. **Microscopic study of pseudo-particles in dispersed soil samples.** In: BULLOCK, P. & MURPHY, C.D., eds. Soil micromorphology: technique and applications. Berkhamsted, AB Academic Publishers, 1986. p.265-271.

PEDROSO NETO, J.C.; FALLIERI, J.; LANZA, M.; SILVA, N.M. & LACA, J.B. Algodão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação.** Viçosa, MG, CFSEMG, 1999. p.278-279.

RESENDE, M. Aplicação de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Inf. Agropec.**, 128:3-18, 1985.

RESENDE, M. **Pedologia.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1982. 100p.

RESENDE, M. **Pedologia.** Viçosa. Imprensa Universitária. 1982. 100p. science. New York: CRC Press, p.G65-G87. 1999.

RESENDE, M.; CURI, N. & SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações.** Piracicaba, Ministério da Educação/ESAL/POTAFOS, 1988. 83p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. **Pedologia. Base para distinção de ambientes.** 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 322p.

REZENDE, J. de O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: Limitações agrícolas e manejo.** Salvador: SEAGRI, SPA, 2000. 117p. (Série Estudos Agrícolas, 1).

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, 94p. (Série Estudos Agrícolas, 3). 2002.

RIBEIRO, L.P. **Gênese, evolução e degradação dos solos amarelos coesos dos Tabuleiros Costeiros.** In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS

DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. Anais. Aracaju: EMBRAPA, CPATC; CNPMF; EAUFBA; IGUFBA, p.27-35. 1996.

RIBEIRO, L.P. Os **Latosolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação**. Salvador: Seplantec, CADCT, 99p. 1998.

RIBEIRO, L.P. **Primeiras avaliações sobre a gênese dos solos coesos da Região de Cruz das Almas-BA.** /Apresentado em Mesa Redonda sobre a Organização e Dinâmica Interna da Cobertura Pedológica e sua Importância para a Compreensão da Morfogênese, Caen, 1991/.

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

ROMERO, R.E. **Gênese e Degradação de Duripãs em uma Topossequência dos Tabuleiros Costeiros, Conde - Bahia.** Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2003. 144p. (Tese de Doutorado).

SANTANA, D.P. **Estudo de solos do Triângulo Mineiro e de Viçosa: I. Mineralogia, II. Adsorção de fosfatos.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1973. 56p. (Tese de Mestrado)

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo.** 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100p. 2005.

SCHWERTMANN, U. Inibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxides. **Nature**, 212:645-646, 1966.

SCHWERTMANN, U. The effect of environments on iron oxide minerals. **Adv. Soil Sci.**, 1:172-200, 1985.

SILVA, A.J.N. & RIBEIRO, M.R. Caracterização de Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: Propriedades químicas. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:291-299, 1998.

SOUZA, L.S. **Aspectos sobre o uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.22, n.1, p.34-39, 1997.

SOUZA, L.S. Uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. **Anais**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1996. p.36-75

SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D.; CALDAS, R.C. Identificação da coesão com base em atributos físicos convencionais em solos dos Tabuleiros Costeiros. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais**. Aracaju, EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, p.169-190. 2001.

TAVARES, E.R. **Contexto Paleontológico. Eoceno. In: Primeira ocorrência de Cealifera fóssil da Bacia de Fonseca, Paleogeno/Eoceno de Minas Gerais, Brasil**. Universidade Vale do rio Doce, Governador Valadares, MG, p.37-41, 2005.

UCHA, J.M. **Processos de transformação Latossolo-Espodossolo sobre os sedimentos do Grupo Barreiras nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte do Estado da Bahia**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia, 187p. 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos tabuleiros costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 153p. (Relatório Convênio 545/81).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos Tabuleiros Costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola.** Viçosa, UFV, 153p. 1984.

van WAMBEKE, A.R. Criteria for classifying soils by age. **J. Soil Sci.**, 1:124-132, 1962.

van WAMBEKE, A.R. **Latosols.** In: van WAMBEKE, A.R., ed. *Soils of the tropics. Properties and appraisal.* New York, McGraw Hill, 1993. p.140-160.

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. **Rev. Cienc. Agron.**, 43:632, 2012,

VILAS BOAS, G. S. **Sedimentos terciários.** In: **GEOLOGIA da Bahia: texto explicativo.** Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 400p. 1996. Secção do cap. 8: BITTENCOURT, Abílio C. S. P. (Org.). As coberturas terciárias e quaternárias do interior e da zona costeira. p.165-167.

VILLAS-BOAS, J.H. **Bases teóricas e metodológicas da abordagem geográfica do ordenamento territorial, aplicadas para o desenvolvimento de sistema de banco de dados georreferenciáveis: exemplo da Bacia do Rio Itapecuru.** Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo. São Paulo, 292p. 2001.

ZANGRANDE, M.B. **Caracterização e intemperização para uso de um Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto dos platôs litorâneos no Norte do Espírito Santo.** Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 81p. 1985.

CAPÍTULO 2

EFEITO DA PERSISTÊNCIA A SUBSOLAGEM EM SOLOS DE DIFERENTES CORES DOS TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA²

² Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico

EFEITO DA PERSISTÊNCIA A SUBSOLAGEM EM SOLOS DE DIFERENTES CORES DOS TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA

Autor: Ronaldo Pedreira dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

RESUMO: Diversos problemas são relacionados ao caráter coeso, dentre eles, a elevada resistência a penetração do solo, comprometimento ao desenvolvimento radicular das plantas, à disponibilidade de água para as mesmas e à aeração do solo. Visando minorar tais problemas, a subsolagem vem sendo apresentada como alternativa de manejo para estes solos. Neste contexto, o trabalho objetivou avaliar a persistência dos efeitos da subsolagem, ao longo do tempo, em solos originados de sedimentos do Grupo Barreiras, com textura variando de arenosa a média e de coloração diferentes. Foram selecionadas 3 áreas em com diferentes domínios de solos: Argissolo Amarelo Distrocoeso latossólico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossólico coeso e Latossolo Vermelho Distrófico argissólico coeso. A amostragem foi realizada em sistema de transectos no sentido norte/sul, sob plantio de eucalipto, onde foram alocadas 5 parcelas com 100 m² cada, a uma distância de 10 m depois da borda e alternadas a cada 20 m numa seqüência linear, onde foi analisada a resistência a penetração do solo na linha de plantio (com subsolagem) e entre as linhas de plantio (sem subsolagem), 1 mês após a subsolagem e 18 meses após a subsolagem. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3X2X2, com 10 repetições, onde fator 1 = tipo de solos; fator 2 = período da subsolagem (t₀; t_{1,0} e T_{1,5} anos) e fator 3 = manejo (com e sem subsolagem). Os solos apresentaram resistência a penetração considerada alta a muito alta, nas linhas de plantio (sem subsolagem) e após 18 meses após a realização da subsolagem. Em todos os solos a coesão retornou, porém para os solos vermelho-amarelo e vermelha coesão retornou em grau menor ao original.

Palavras-chave: readensamento, coesão e resistência a penetração.

EFFECT OF SUBSOILING PERSISTENCE IN DIFFERENT COLORS SOIL IN BAHIA NORTHERN COASTAL TRAY

Author: Ronaldo Pedreira dos Santos

Advisor: Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Co-supervisor: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

ABSTRACT: Several problems are related to the cohesive character, among them the high resistance to soil penetration, commitment to root growth, the availability of water and soil aeration. Aiming to mitigate these problems, subsoiling has been presented as management alternative for these soils. In this context, the study aimed to evaluate the persistence of the subsoiling effects over time, in soils from Barreiras Group sediments, with sand ranging to medium texture and different color. We selected three areas with different areas of land: Dystrocohesivelatosolic yellow Argisoil, Red-Yellow dystrocohesivelatosolic argisoil and Red dystrophic cohesive. Sampling was done in transects system in North / South direction under eucalyptus plantation, where 5 plots were allocated, 100 m² each, at a distance of 10 m after the border, and alternate every 20 m in a linear sequence, which was analyzed for the resistance to soil penetration in the planting line (with subsoiling) and between planting rows (without subsoiling), 1 month after subsoiling and 18 months after subsoiling. The experimental design used random blocks in factorial scheme 3x2x2, with 10 repetitions, where factor 1 = type of soil; Factor 2 = subsoiling period (t₀; t_{1,0} and T_{1,5} years) and factor 3 = management (with and without subsoiling). The soil penetration resistance had considered high to very high in the tree rows (without subsoiling) and after 18 months after the completion of subsoiling. In all soils cohesion returned, but for the red-yellow and red soils cohesion returned to a lesser extent to the original.

Keywords: thickening, cohesion and penetration resistance.

INTRODUÇÃO

Os principais solos do ecossistema dos Tabuleiros Costeiros apresentam, freqüentemente, horizontes coesos em camadas sub-superficiais que afeta as relações entre drenagem, teor de água disponível, aeração, temperatura, penetração radicular e absorção de nutrientes, com reflexos negativos na produção agrícola.

“Horizonte coeso” é uma terminologia relacionada a um estado físico que se manifesta quando o solo está seco, sendo menos expressivo quando o solo está úmido (ACHÁ PANOSO, 1976; FONSECA, 1986; JACOMINE, 1996; 1997).

Segundo Ribeiro (1986) e Ribeiro (1991), os horizontes coesos são duros e firmes; não apresenta uma organização estrutural visível, motivo pelo qual os grandes torrões se quebram em fragmentos de tamanhos menores e angulosos; apresentam uma macroporosidade geralmente ligada à atividade biológica, sendo difícil à observação de poros menores, em muitos casos é possível observar, ainda que com alto grau de dificuldade, e com uso de uma lupa, a existência de uma microestrutura sólida.

Dos problemas relacionados com o caráter coeso, o que se relaciona diretamente é a elevada resistência à penetração do solo, quando seco, que influencia: (a) o desenvolvimento radicular das plantas, (b) o teor de água disponível e (c) a aeração e a absorção de nutrientes, sendo um inibidor físico que pode afetar a produção agrícola (CINTRA *et al.*, 1997; REZENDE, 2000). A baixa disponibilidade de nutrientes desses solos, associada à alta saturação por alumínio e à alta acidez ativa e trocável, constitui também um inibidor químico, dificultando o desenvolvimento radicular e a atividade microbiana do solo (SOUZA, 1997; REZENDE, 2000).

Alguns autores retratam que os níveis críticos de RP ao crescimento de raízes, são diferentes para cada tipo de planta, e que o impedimento físico resulta em restrições para o crescimento das raízes (Figura 1), mas especificamente o crescimento horizontal das raízes causando deformações nesse sistema e na parte aérea (MASLE & PASSIOURA, 1987); reduz o potencial de armazenamento de água do solo e assim desencadeia uma série de problemas (KEMPER; DERPSCH, 1981; KLEIN; BOLLER, 1995). Desta forma, a resistência do solo à

penetração é fundamental para a avaliação dos efeitos dos sistemas de preparo no ambiente físico do solo para o crescimento das plantas.



Figura 1: Detalhe da horizontalização das raízes e tombamento de plantas de eucalipto na área de estudo

Os solos agrícolas funcionam como um sistema complexo e dinâmico que retém e fornece água, ar, nutrientes e energia às sementes e plantas, de maneira a ser um ambiente físico favorável ao crescimento radicular, para maximizar a produção das culturas (LETEY, 1985; HAMBLIN, 1985). Neste contexto, os sistemas de preparo do solo devem oferecer condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas. No entanto, dependendo do solo, do clima, da cultura e de seu manejo, o método utilizado no preparo do solo, afim de mitigar as restrições físicas, não é suficiente para a manutenção das condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

Nesse sentido, a subsolagem apresenta-se como alternativa de manejo para os solos coesos. A prática de subsolagem tem como objetivo o rompimento das camadas endurecidas abaixo da camada arável, provocando desestruturação, sem inversão das camadas, e os seguintes efeitos imediatos: redução da densidade do solo; aumento do volume de macroporos, melhorando a aeração e a drenagem do solo e incremento do fluxo vertical da água, diminuindo o escoamento superficial e o tempo de encharcamento do solo em áreas com declividades acentuadas e planas (TAYLOR & BELTRAME, 1980).

Estudos realizados por Silva *et al* (1990), demonstram que os efeitos positivos da subsolagem em algumas propriedades físico-hídricas do solo persistiram após uma ano da subsolagem.

Para Cassel (1979), a duração dos efeitos da subsolagem depende da densidade do subsolo, da profundidade da subsolagem, da textura do solo, das condições em que a prática foi realizada e da quantidade e tipo de tráfego realizado após a subsolagem.

Apesar de reconhecer a validade das considerações acerca dos resultados, às vezes contraditórias da subsolagem, a maioria dos autores reconhece que esta técnica constitui-se em uma opção objetiva para eliminar alguns dos efeitos nocivos da compactação e ou adensamento do solo (NACIF, 1994).

Informações sobre a duração dos efeitos da subsolagem nos solos coesos são hoje de grande importância, haja vista que os resultados das pesquisas realizadas nos últimos anos difundiram-se com bastante rapidez entre agricultores e empresas agrícolas das áreas que apresentam esse tipo de solo. Mas, pouco se conhece sobre o comportamento do solo após a realização da subsolagem e, caso o mesmo volte a apresentar coesão, da necessidade e periodicidade de repetição do uso dessa técnica. Desta forma, torna-se necessário estudar as modificações nas propriedades físicas do solo sob o efeito da subsolagem e o seu comportamento ao longo do tempo.

A identificação do caráter coeso, bem como da resistência dos solos à penetração tem sido realizada em campo, durante a descrição morfológica de perfis com o uso da faca ou martelo pedológico, e pelo uso do penetrômetro de impacto. Este último avalia quantitativamente a resistência à penetração do solo, importante atributo físico, que serve como base para a avaliação dos índices de adensamento e, ou compactação na qualidade do solo,

Nesse contexto, objetiva-se avaliar a resistência do solo à penetração em campo, antes e após o manejo com uso do subsolador em área de plantio de eucalipto, a fim de verificar a persistência dos efeitos da subsolagem em solos coesos com diferentes cores.

MATERIAL E MÉTODOS

A área escolhida para estudo está inserida na fazenda Salgado pertencente à empresa Bahia Pulp e localiza-se no município de Inhambupe, na mesorregião geográfica do Litoral Norte da Bahia (IBGE, 2015), entre os paralelos 11° e 13° S e os meridianos 37° e 40° Gr.

Os solos estudados foram classificados como Argissolo Amarelo Distrocioso latossólico (P01), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossólico coeso (P02) e Latossolo Vermelho Distrófico argissólico coeso (P03), todos com textura variando de arenosa a média. Os mesmos foram desenvolvidos a partir de sedimentos oriundos de formações superficiais (Cenozóico) compostos de arenitos argilosos a conglomeráticos, argilitos puros a arenosos e conglomerados do grupo Barreiras CPRM, (2005) e encontram-se, segundo BRASIL (1982), na feição geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros.

Apesar das diferentes classes encontradas, os solos estudados estão em um mesmo tabuleiro que apresentam no seu topo plano a suave ondulado, diferentes cotas altimétricas e mudanças geomórficas suaves. Estas características associadas a feições diferenciadas de um mesmo material de origem levaram a diferenças consideráveis no processo de formação dos solos, expressas principalmente na cor e relação textural dos mesmos.

Ao longo da paisagem estudada (Figura 10) observou-se um desnível de 18 m entre o ponto mais alto e o mais baixo estudados, a uma distância de 2000 metros, sendo que em cada segmento, onde foram encontradas diferentes classes de solos, o relevo local é plano, sendo os desníveis entre eles muito suave: de 2,5 e 3 % de declividade.

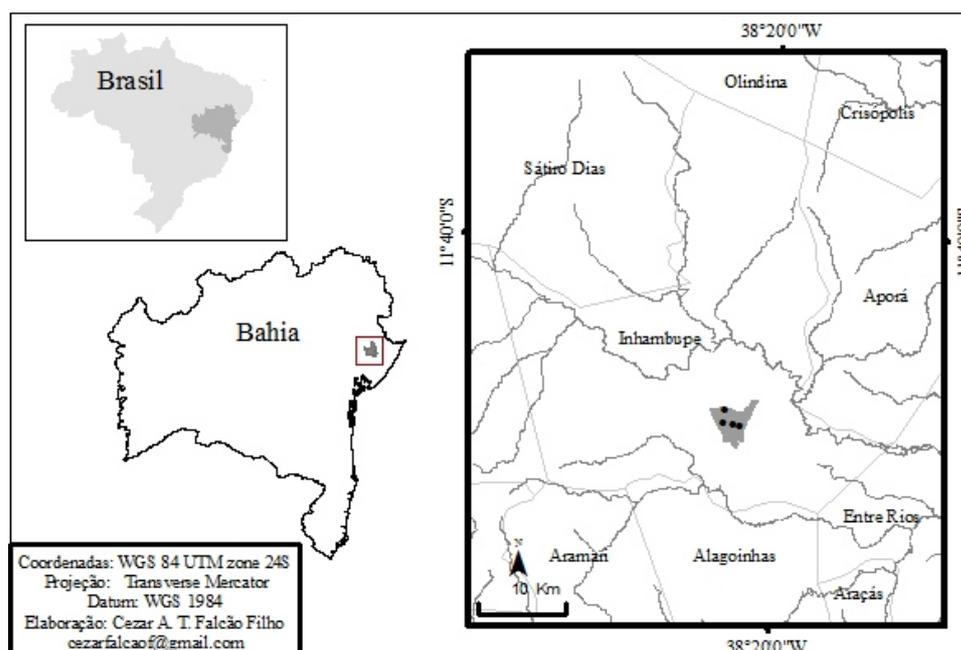


Figura 2: Mapa de localização dos perfis estudados

A área estudada vem sendo cultivada com eucalipto há 30 anos, mas, no momento da avaliação dos solos, o plantio encontrava-se com 1,5 anos de idade.

Para o manejo da cultura a empresa emprega diferentes técnicas para correção química, adubação do solo e redução dos efeitos da coesão dos solos.

Segundo informações da gerência da fazenda, na área foi realizada uma subsolagem, utilizando um trator de esteira D8, equipado com ripper que alcança 1,10 m de profundidade. Em sequência foi realizada uma fosfatagem, com trator agrícola de 120 HP, com ripper de 0,60 m de profundidade. Além dessas operações, após 3 (três) meses a subsolagem, foi realizada uma capina química com trator agrícola de 90 HP.

Para realização do trabalho foram selecionadas 3 áreas, uma em cada mancha de solo. A amostragem foi realizada em sistema de transectos no sentido norte/sul, sob plantio de eucalipto, onde foram alocadas 5 parcelas com 100 m² cada, a uma distância de 10 m depois da borda e alternadas a cada 20 m numa seqüência linear.

Análises de campo

A análise de resistência à penetração (RP) foi realizada dentro de cada parcela separadas em dois pontos de amostragem: na linha de plantio (L) e na

entre linha de plantio (EL). Em cada parcela foi realizada 4 amostragens, duas em cada ponto, totalizando 20 amostragens casualizadas em cada solo.

As avaliações foram realizadas em três períodos, 1 mês após a subsolagem; 1 ano após a subsolagem e um ano e meio após a realização da subsolagem.

Os tratamentos foram com e sem subsolagem, nos tempos 0 e 1 ano após a subsolagem em três tipos de solos, pois, a última avaliação (1,5 anos), devido as condições de baixa umidade, o equipamento não foi capaz de determinar as leituras.

Foram realizadas coletas de amostras deformadas, para a determinação da umidade do solo, dentro da parcela do transecto nas profundidades de 0-20; 20-40 e 40-60 cm.

Para a determinação da RP, utilizou-se o penetrômetro de impacto (modelo IAA/ Planalsucar-Stolf) (STOLF *et al.*, 1983).

A transformação dos valores da penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto) em resistência à penetração (MPa) foi obtida pela equação a seguir, segundo Stolf (1991):

$$R(\text{kgf cm}^{-2}) = \frac{(Mg + mg) + \frac{M}{M + m} Mg \frac{h}{x}}{A} \quad (1)$$

em que: R = resistência à penetração em kgf cm^{-2} ($\text{kgf cm}^{-2} * 0,098 = \text{MPa}$); M = massa do embolo (4 kg); Mg = 4 kgf; m = massa do aparelho sem embolo (3,2 kg); mg = 3,2 kgf; h = altura de queda do embolo (0,4 m), x é a penetração da haste do aparelho (cm/impacto); A = área do cone ($1,29 \text{ cm}^2$) e g é a aceleração da gravidade.

Análises Laboratoriais

As análises químicas foram realizadas de acordo com o manual de métodos de análises do solo da Embrapa (2009), tendo sido determinado: pH em água e em KCl; matéria orgânica (M.O.); N; P; K; Ca; Mg; Na; H+Al e Al, os

elementos Si, Al, Fe e Ti foram determinados na fração TFSA com ataque sulfúrico, segundo Embrapa (1997).

As análises químicas foram realizadas em duplicata. Os valores de pH foram determinados potenciométricamente em suspensão 1:2,5 de solo:água e KCl 1 mol L⁻¹. Alumínio, Ca⁺² e Mg⁺² trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, na proporção 1:10. O extrato foi então avaliado titulometricamente para Al⁺³ com NaOH 0,025 mol L⁻¹ e fenolftaleína 1% como indicador, e o Ca⁺² e Mg⁺² com EDTA 0,0125 mol L⁻¹ (murexida e negro de eriocromo como indicadores, respectivamente). A acidez potencial (H+Al) foi extraída em uma mistura 1:15 solo:acetato de cálcio 0,5 M tamponado a pH 7,1, e titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹ em presença do indicador fenolftaleína a 1%. Os teores de Na⁺, K⁺ trocáveis e P disponível foram extraídos com solução 1:10 solo:HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Mehlich-1). Na⁺ e K⁺ foram determinados por fotometria de chama.

O teor de C orgânico total dos solos foi determinado pela oxidação do carbono contido 0,2 g de solo com 5 ml K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹ e 7,5 ml H₂SO₄ concentrado em tubos de digestão. As amostras foram submetidas à temperatura de 170°C por 30 minutos para garantir completa oxidação da fração orgânica do solo. As amostras foram transferidas para erlenmeyer de 250 mL e o volume final da solução, cerca de 80 mL, foi alcançado pelo uso de água destilada. O excesso de Cr+6 da solução foi determinado utilizando sulfato ferroso amoniacal na presença do indicador Ferroin (YEOMANS & BREMNER, 1988).

O digestão sulfúrica foi realizada em tubos de digestão de 75 mL, adicionou 0,5 g de TFSA triturada e tamisada em peneira de 100 mesh, e 20 mL de H₂SO₄ 9 mol L⁻¹, que foi aquecida em bloco digestor por 30 min a 170°C, posteriormente resfriou, diluiu e filtrou. No filtrado, determinaram-se os teores de alumínio, por titulação; de ferro e titânio por espectrofotometria de absorção atômica; após a digestão alcalina do resíduo, o teor de silício foi determinado por gravimetria (EMBRAPA, 1997).

A caracterização física dos solos foram realizadas de acordo com o manual de métodos de análises do solo da Embrapa (1997), tendo sido realizadas as seguintes análises: granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo, densidade de partícula, porosidade e curva de retenção de umidade.

As análises físicas foram realizadas em duplicata. As análises granulométricas foram determinadas pelo método da pipeta, após a dispersão

química do solo com NaOH 0,01 mol L⁻¹, seguido de agitação mecânica com o agitador de Wagner por 16 horas. As frações areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e muito fina foram obtidas por tamisagem e os teores de silte por diferença entre solo total (20 g de TFSE), areia total e argila. A classificação textural do solo foi feita utilizando o triângulo de classificação textural.

As frações foram agrupadas conforme a Escala Internacional, adotada pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (LEMOS & SANTOS, 2013).

A argila dispersa em água foi determinada pelo método da pipeta, utilizando água destilada como dispersante, e os valores obtidos foram usados para cálculo do grau de dispersão do solo através da fórmula seguinte:

$$GD = \frac{AT - ANDA}{AT} \times 100$$

onde,

GD = grau de dispersão do solo (%)

AT = argila total (dag kg⁻¹)

ANDA = argila não dispersa em água (dag kg⁻¹)

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (*Kopeccky*); a densidade de partícula pelo método do balão volumétrico na TFSA (terra fina seca ao ar) e a porosidade total através da fórmula:

$$PT = \frac{Dp - Ds}{Dp}$$

onde,

PT = Porosidade total;

Dp = Densidade de partícula;

Ds = Densidade do solo,

A microporosidade foi determinada pelo método na mesa de tensão (Embrapa, 1997), e a macroporosidade, calculada pela diferença entre porosidade total e microporosidade.

A capacidade de campo foi determinada na placa porosa na panela de Richard, baseado na curva de retenção de água dos solos (apêndice 2), calculou-se a capacidade de campo (CC) e ponto de murchamento permanente (PMP).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3X2X2, com 10 repetições onde fator 1 = tipo de solos; fator 2 = período da subsolagem (t0 e t1 ano) e fator 3 = manejo (com e sem subsolagem). As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico Assistat 7.7 Beta (SILVA, 2013), submetidas a ANAVA (Teste F). Onde houve diferenças significativas, foram submetidas ao teste de Tukey (5%).

RESULTADOS

Em geral, os solos estudados são ácidos a moderadamente ácidos apresentando pH, sempre abaixo de 5,5 (

Tabela 2), à exceção do solo representado pelo perfil 3 que mostrou valores mais elevados em superfície, refletindo os resíduos da prática de correção do solo, comum em área cultivada com eucalipto. Os valores de delta pH são negativos e associado a baixa CTC e baixa atividade de argila encontrados, caracterizam solos com mineralogia mais caulinítica.

Os solos também possuem teores dos elementos do complexo sortivo são considerados baixos, conforme CFSEMG (1999). Os teores de alumínio trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m), são considerados elevados em todos os perfis estudados. Estes resultados são coerentes com os encontrados por (NUNES, 2011; LIMA NETO, 2009; JACOMINE, 1996; SILVA & RIBEIRO, 1998). Estes autores, afirmam que os solos de tabuleiros são quimicamente pobres, devido ao material de origem. Como são solos de mineralogia caulinítica, possuem baixa CTC, inferiores a $13,5 \text{ Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Valores semelhantes foram encontrados por Oliveira *et al.* (1968), Silva & Ribeiro (1998), Moreau (2001) para Latossolos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros e por Nunes (2011) e Miranda (2012) em Argissolos e Latossolos do Litoral Norte da Bahia.

Desta forma, os solos estudados são considerados distróficos, apresentando saturação por base, variando de 6 a 36%, com exceção dos horizontes A1 e A2 do solo, representado pelo perfil 3, que possivelmente, encontra-se com valor elevado por efeito residual de adubação e calagem para acultura do eucalipto.

Os baixos teores de carbono orgânico total podem estar relacionados com a textura mais arenosa, que para Bayer *et al.*, (2000) lhe confere uma menor ligação dos componentes orgânicos com os constituintes coloidais minerais, e, portanto, menor proteção física, facilitando sua decomposição microbiana.

Tabela 1: Características físicas dos solos estudados

Simb.	Prof. cm	AT	SIL	ARG	GD	DS	DP	MP	mP	PT
		-----g kg ⁻¹ -----			%	-- kg.m ³ --		----- dm ³ .dm ⁻³ -----		
P01 - ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico										
Ap1	0-6	870	30	100	100	1.78	2.50	0.16	0.14	0.30
A2	6-25	849	31	120	100	1.78	2.49	0.16	0.14	0.29
A3	25-49	802	28	170	6	1.78	2.50	0.16	0.14	0.30
AB	49-70	846	34	120	0	1.78	2.50	0.14	0.14	0.29
Bt1	70-105	740	40	220	0	1.77	2.55	0.15	0.14	0.29
Bt2	105-145	758	42	200	0	1.75	2.61	0.17	0.15	0.32
Bw1	145-197	744	43	213	0	1.73	2.64	0.19	0.15	0.34
Bw2	197-210+	-	-	-	-	1.70	2.63	0.19	0.15	0.34
P02 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico										
A1	0-9	843	47	110	100	1.78	2.61	0.21	0.11	0.32
A2	9-18	862	11	127	100	1.76	2.62	0.22	0.11	0.33
A3	18-32	867	15	118	100	1.75	2.65	0.22	0.12	0.34
AB	32-47	682	21	297	13	1.74	2.67	0.24	0.11	0.35
BA	47-78	732	13	255	8	1.70	2.65	0.23	0.15	0.38
Bt1	78-128	741	34	225	4	1.57	2.60	0.21	0.18	0.39
Bt2	128-190+	683	33	284	-	-	-	-	-	-
P03 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico										
Ap1	0-10	711	99	190	89	1.66	2.67	0.17	0.22	0.39
A2	10-27	754	56	190	74	1.67	2.69	0.17	0.22	0.38
A3	27-55	729	102	170	12	1.65	2.67	0.16	0.23	0.39
AB	55-87	688	162	150	0	1.62	2.67	0.16	0.24	0.39
BA1	87-123	679	81	240	0	1.65	2.67	0.15	0.24	0.39
BA2	123-160	693	47	260	0	1.67	2.66	0.16	0.25	0.41
Bw1	160-215	673	88	240	0	1.47	2.37	0.17	0.21	0.38
Bw2	215-300+	-	-	-	-	1.45	2.35	0.17	0.22	0.39

Legenda: AT = areia total; SIL = silte; ARG = argila; GD = grau de dispersão; DS = densidade do solo; DP = densidade de partícula; MP = macroporosidade; mP = microporosidade e PT = porosidade total; - dados não obtidos

De acordo com os resultados obtidos nas análises físicas (Tabela 1), foram identificados solos com textura areia-franca (P01) a franco-arenosa (P03 e P02) nos horizontes superficiais e horizontes transicionais (AB), respectivamente. À partir do horizonte BA nos perfis estudados, a classe textural foi franco-argilo-arenosa.

A densidade do solo (Ds) variou entre 1,4 e 1,8 kg m⁻³, sendo os maiores valores observados nos horizontes coesos e nos horizontes A mais arenosos, refletindo à alta densidade de partículas encontrada, causada por elevados teores de areia total nesses horizontes. Os perfis P01 e P02 apresentaram os maiores valores de densidade do solo. A Ds nos horizontes coesos dos perfis estudados variaram de 1,6 a 1,8 kg m⁻³, valores semelhantes foram encontrados por Nunes (2011) e Miranda (2012) estudando Argissolos e Latossolos do Litoral Norte da Bahia.

Kiehl (1979) destaca que, em geral os solos arenosos apresentam densidade entre 1,25 e 1,4 g kg⁻¹, enquanto que para solos argilosos estes valores estão entre 1,0 e 1,25 g kg⁻¹. Para solos orgânicos os valores são abaixo de 1,0 g kg⁻¹. Estes valores permitem inferir que, isoladamente os dados de densidade do solo não é um bom parâmetro para medir a coesão e, ou cimentação dos solos, conforme destacado por Coelho (2005), ao estudar a gênese de solos cimentados em Tabuleiros Costeiros.

A densidade do solo permanece elevada mesmo com o aumento no teor de argila observado nos horizontes intermediárias e primeiros centímetros do horizonte B, evidenciando a coesão encontrada nos solos estudados.

Os baixos valores de porosidade total (variando de 0,29 a 0,41 dm³ dm⁻³), também encontrado por Nunes (2011) e Miranda (2012) em Argissolos e Latossolos do Litoral Norte da Bahia, são influenciados pelos altos teores de areia, que conforme Kiehl (1979) variam de 30 a 50 % para solos arenosos.

Nunes (2011) e Miranda (2012) também encontraram valores de macro e micro porosidade próximos aos da área em estudo, com macroporosidade variando entre 0,16 a 0,24 dm³ dm⁻³ e os valores de microporosidade variando de 0,11 a 0,24 dm³ dm⁻³, sendo tais variações decorrentes dos diferentes teores de argila e areia ao longo do perfil, evidenciando a coesão encontrada nos primeiros centímetros do horizonte B.

Segundo Ferreira (2010), todas as variáveis condicionantes da estrutura têm influência sobre a porosidade total do solo, tais como textura e matéria orgânica. Os microporos são importantes para a retenção e armazenamento de água pelo solo, ao passo que os macroporos são responsáveis pela infiltração, rápida distribuição e aeração do solo, e abaixo de 0,10 dm³ dm⁻³ pode tornar-se prejudicial ao desenvolvimento das plantas (KIEHL, 1979; FERREIRA, 2010).

Tabela 2: Características químicas dos solos estudados

Horiz	Prof cm	pH H ₂ O	SB	t -----Cmolc dm ⁻³ -----	T	V %	COT g kg ⁻¹
P01 - ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico							
Ap1	0-6	4.8	0.99	2.6	4.29	23	0.50
A2	6-25	5.0	0.86	2.6	4.16	21	0.30
A3	25-49	5.1	0.86	2.4	4.31	20	0.22
AB	49-70	4.8	0.74	2.5	5.99	12	0.20
Bt1	70-105	4.7	0.59	1.9	7.39	8	0.18
Bt2	105-145	4.8	0.72	1.4	7.37	10	0.15
Bw1	145-197	4.8	0.72	1.4	7.52	10	0.14
Bw2	197-210+	-	-	-	-	-	-
P02 - ARGISSOLOVERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico coeso							
Ap1	0-9	5.2	1.71	4.0	6.51	26	0.44
Ap2	9-18	5.0	1.26	3.3	8.06	16	0.30
AB	18-32	4.7	0.86	2.7	9.46	9	0.28
BA	32-47	4.7	0.90	2.5	11.50	8	0.18
BA	47-78	4.6	0.90	2.0	13.50	7	0.16
Bt1	78-128	4.7	0.70	1.8	11.05	6	0.14
Bt2	128-190+	4.8	0.52	1.4	8.57	6	0.13
P03 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico coeso							
Ap1	0-10	6.5	2.94	4.1	3.54	83	0.54
Ap2	10-27	6.0	2.20	4.0	3.45	64	0.35
Ap3	27-55	5.6	1.24	2.8	3.49	36	0.24
AB	55-87	5.1	1.14	2.7	5.84	20	0.22
BA1	87-123	4.5	0.93	2.4	7.58	12	0.17
BA2	123-160	4.5	0.80	1.9	5.95	13	0.16
Bw1	160-215	4.6	0.67	2.0	4.47	15	0.15
Bw2	215-300+	-	-	-	-	-	-

Legenda: SB = soma de bases; t = CTC efetiva; T = CTC total; V = saturação por bases e COT = carbono orgânico total; - dados não obtidos

Conforme os dados das verificações morfológicas, a coesão foi detectada em campo nas profundidades de 49 e 145 cm para o P01, 32 e 78 cm, no perfil P02 e 55 e 160 cm no perfil P03. Estes dados foram confirmados a partir das medições da resistência à penetração em campo (tabela 3), para os solos cultivados com eucalipto, quando as medidas foram tomadas nas entre linhas de plantio. Esta condição foi considerada a mais próxima do estado natural do solo, devido aos menores efeitos da prática da subsolagem realizadas nas linhas de plantio.

Observa-se na Tabela 3 que os valores de resistência a penetração (RP) dos solos, entre as linhas de plantio, são menores nas profundidades de 0-20 cm para todos os perfis, variando de 2,18 a 3,96 MPa, para os tempos de 0 e 1 ano após a subsolagem. De acordo com a classificação para resistência à penetração (quadro 1), proposta por Soil Survey (1993), estes valores são considerados altos,

o que pode indicar níveis de compactação dos solos estudados, devido possivelmente ao tráfego de máquinas utilizadas para o plantio e tratos culturais do eucalipto implantado na área.

Tabela 3: Valores de RP nas linhas e entre as linhas de plantio, no tempo zero (T0), após 1 ano (T1) e após 1,5 anos (T1,5) de realização da subsolagem nos solos estudados

PROFUNDIDADE (cm)	RP TEMPO 0 (MPa)		RP TEMPO 1 (MPa)		RP TEMPO 1,5 (MPa)	
	LINHA	ENTRE LINHA	LINHA	ENTRE LINHA	LINHA	ENTRE LINHA
P01 - ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico						
0-20	0.55	2.18	2.03	2.35	2.91 *	4.56 **
20-40	0.55	4.93	4.75	5.24	7.38 *	--
40-70	0.55	6.02	5.46	5.44	--	--
média	0.55 b	4.38 a	4.08 a	4.34 a		
P02 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico coeso						
0-20	0.55	2.29	1.60	2.79	1.46 *	8.03 **
20-40	0.55	3.97	2.29	4.12	6.12 *	--
40-70	0.55	3.27	2.47	3.57	--	--
média	0.55 c	3.17 a	2.13 b	3.49 a		
P03 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico coeso						
0-20	0.55	3.25	1.41	3.96	4.49 *	7.18 *
20-40	0.55	8.82	3.37	9.53	6.40 *	11.52 *
40-70	0.55	7.06	3.25	6.97	5.60 *	11.89 *
média	0.55 c	6.37 a	2.68 b	6.81 a		

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. classific.c/letras minúsculas para as linhas. – valores não obtidos devido à elevada resistência à penetração do solo. * valores obtidos em apenas uma amostra devido à baixa umidade do solo; ** o equipamento penetrou apenas 10 cm de profundidade.

Devido à baixa umidade encontrada nos solos no tempo 1,5 anos após a subsolagem, o penetrógrafo, não foi capaz de medir a RP nos solos estudados. Os valores unitários de RP encontram-se na tabela 3 para o referido tempo.

Quadro1: Classes de resistência a penetração do solo e de coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros, com água retida no potencial de 100 kPa

CLASSES DE RP (SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993)	Resistência à penetração (MPa)
Pequeno	<0,1
Extremamente baixo	<0,01
Muito Baixo	0,01 - 0,1
Intermediário	0,1 – 2
Baixo	0,1 – 1
Moderado	1 – 2
Grande	> 2
Alto	2 – 4
Muito alto	4 – 8
Extremamente alto	> 8

Quadro 1 - **Continuação...**

CLASSES DE COESÃO (SOUZA, 2003)	Resistência à penetração 100kPa (MPa)
Latossolo Amarelo – LA	
Baixa	≤1,2
Média	2,8 - 3,5
Alta	≥4,7
Argissolo Amarelo - PA	
Baixa	1,2
Média	2,8 - 3,5
Alta	≥4,7
Argissolo Acinzentado – PAC	
Baixa	1,6
Média	1,7 - 2,1
Alta	2,8

À partir dos 20 centímetros de profundidade, em todos os solos estudados, a resistência à penetração aumenta, consideravelmente, enquadrando-se na classe de RP considerada alta a muito alta, conforme Soil Survey (1993), por apresentar valores, nas entre linhas de plantio, variando de 3,27 a 9,53 MPa. Na camada de 40 a 70 cm o Argissolo Amarelo (P01) e o Latossolo Vermelho (P03), apresentam coesão alta, enquanto que o Argissolo Vermelho-amarelo (P02) pode ser enquadrado na classe de coesão média, segundo classes propostas por Souza (2003) (quadro 1).

Em geral, é possível observar que os maiores valores de RP, encontram-se entre 20 e 40 cm de profundidade (tabela 3). Observa-se, também que o perfil 02 (PVAdx) foi o que apresentou menores valores de RP e o perfil 03 (LVdx) os maiores, possivelmente, influenciados pela maior e menor umidade do solo, respectivamente (Tabela 4). De acordo com BAYER *et al.* (1972); VOORHEES *et al.* (1978); SEIXAS (2002) e TORMENA *et al.* (1998) a resistência a penetração do solo é fortemente dependente de sua umidade, sendo a mesma menor quanto maior a quantidade de água presente.

Nas entrelinhas de plantio, os valores de RP no solo representado por P03, foi 32 % maior que o P01 e 49% maior que o P02. Os dados de umidade do solo mostraram que nas linhas de plantio, houve um acréscimo de 4 a 8%, possivelmente, resultante da subsolagem. Todos os solos apresentaram coesão a partir dos primeiros 30 cm de profundidade.

Uma vez que a coesão do solo é diretamente influenciada pelo conteúdo de umidade do mesmo, este parâmetro foi analisado em todos os momentos de medição da resistência à penetração dos solos estudados (Tabela 3).

Comparando os dados da Tabela 4, referentes a umidade equivalente a capacidade de campo (KIEHL, 1979; LIER, 2010; REICHARDT, 1990) e umidade atual dos solos estudados, respectivamente, observa-se que o P01 e o P02 encontravam-se com umidade atual equivalente a umidade na capacidade de campo, entretanto, os valores de umidade atual do P03 revelaram que os mesmos encontravam-se cerca de 36% abaixo da umidade em capacidade de campo, fato que pode explicar a maior coesão encontrada nas camadas subsuperficiais deste solo (medida nas entrelinhas de plantio) em relação aos demais.

Miranda (2012) estudando argissolos nos Tabuleiros Costeiros no Litoral Norte, cita que valores de U_g menores que $7,63 \text{ g g}^{-1}$ são considerados limitantes para o crescimento das raízes, pois, a esta umidade a coesão se manifesta com RP maiores que 2,0 MPa. Este fato negativo se agrava quando se considera a elevada rapidez da drenagem da água no solo em função da textura franco-arenosa (SILVEIRA, MELO FILHO, *et al.*, 2010).

Valores acima do limite crítico para crescimento de raízes que é de 2,5 MPa, indica que os solos em análise apresenta problemas tanto de compactação (camadas superficiais) quando de adensamento (camadas mais profundas). Resultados semelhantes foram encontrados por Velame (2010), trabalhando com solos coesos do Litoral Norte da Bahia.

Após a realização da subsolagem, os dados de RP obtidos no tempo zero, nas linhas de plantio, evidenciam uma diminuição drástica nos seus valores, em comparação àqueles obtidos nas entrelinhas, apresentando RP considerada baixa (0,56 MPa) em todos os solos e profundidades estudadas.

Tabela 4: Valores de umidade atual do solo verificados no momento da determinação da resistência a penetração e valores de umidade correspondentes a capacidade de campo (tensão = -10 kPa), ponto de murcha permanente (tensão de -1500 kPa)

PROFUNDIDADE	UMIDADE (g.g ⁻¹)					C.C.	P.M.P.
	(t0)	LINHA (t1)	ENTRE LINHA (t1)	LINHA (t1,5)	ENTRE LINHA (t1,5)		
P01 - ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico							
0-20	6.10	6.30	6.26	1.79	1.65	5,92	3,52
20-40	5.82	5.74	6.00	2.58	2.92	6,59	2,88
40-60	5.74	5.44	5.91	-	-	9,00	5,31
P02 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico coeso							
0-20	9.01	10.98	9.17	3.04	2.83	7,59	4,97
20-40	7.63	9.87	7.76	4.19	-	10,46	6,75
40-60	8.89	11.09	9.00	-	-	9,76	6,52
P03 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico coeso							
0-20	6,50	6.36	6.89	4.54	5.01	8,72	4,95
20-40	6,31	6.29	6.67	5.08	6.08	11,63	7,25
40-60	6,92	7.34	7.07	6.55	6.64	11,78	7,18

Legenda: AC - acima do coeso; CO - coeso e AB - abaixo do coeso; C.C. - umidade na capacidade de campo; PMP – umidade no ponto de murção permanente; - dados não obtidos

Após 1 ano da realização da subsolagem, em todos os solos estudados, foi possível observar que, os seus efeitos não persistiram, uma vez que a coesão retornou nas camadas sub-superficiais (20-70 cm), que apresentaram valores de RP sempre superiores a 2 MPa. Para o Argissolo Amarelo (P01) os valores de RP nas linhas de plantio voltaram a se elevar, chegando a valores, significativamente, iguais aos valores encontrados nas entre linhas de plantio. Para o Argissolo Vermelho-Amarelo (P02) e Latossolo Vermelho (P03) os valores de RP voltaram a subir a valores indicados como altos, mas foram, significativamente, menores àqueles encontrados nas entrelinhas de plantio, indicando um retardamento nos efeitos da coesão, em relação ao solo amarelo.

Possivelmente, por apresentar teores de óxidos de ferro menores que os demais solos o rearranjo das partículas se deu de forma mais eficiente no Argissolo Amarelo, favorecido pelo ajuste face a face das lâminas de caulinita e, conseqüente, re-adensamento do solo. Nos solos vermelho-amarelo e vermelho re-adensamento pode ter sido retardado, após 12 meses de subsolado, possivelmente, influenciado pelos, ligeiramente, maiores teores de Fe₂O₃ e Al (Tabela 5). Apesar dos baixos teores encontrados, o perfil 3 apresentou 43% a mais de Fe₂O₃ que o P01 e 23% a mais que o P02 (Tabela 5). Para Achá Panoso (1976), Bennema & Camargo (1979), citados por Fonseca (1986) e Moreau

(2006), existe uma estreita relação entre o aumento de Fe_2O_3 e o grau de coesão, sendo os solos tão mais coesos e endrecidos quanto menores são seus teores Fe_2O_3 .

Apesar de apresentar teores de Fe_2O_3 maiores que os demais, o Latossolo Vermelho estudado na região, apresentou coesão elevada tanto antes quanto um ano após a prática da subsolagem. Em termos globais, os teores de Fe_2O_3 deste solo são considerados baixos, sendo a mineralogia do mesmo, predominantemente, caulinítica, fato observado pelos baixos valores de CTC, associados a valores de K_i próximo a 2,0. Possivelmente estas características contribuem para o arranjo denso das partículas do solo, ao longo de ciclos de umedecimento e secagem, e conseqüente adensamento do mesmo, à exemplo do que ocorre com os solos Amarelos e Vermelhos já amplamente estudados,

Tabela 5: Teores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , obtidos pelo ataque sulfúrico na TFSA, e relação molecular K_i dos solos estudados

Perfil	Camadas	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_i
		-----dag/kg-----			
P01	ACIMA	3,48	3,59	0,75	1,7
	COESO	7,21	5,26	1,00	2,3
	ABAIXO	6,91	8,43	1,53	1,4
P02	ACIMA	4,69	4,44	0,99	1,8
	COESO	7,39	8,23	1,73	1,5
	ABAIXO	7,61	8,54	1,72	1,5
P03	ACIMA	6,01	5,72	1,30	1,8
	COESO	11,99	12,26	2,41	1,7
	ABAIXO	8,79	10,01	2,05	1,5

Autores como: Chaney & Swift (1986), Horn & Dexter (1989), Richardson (1976) e Utomo & Dexter (1982), verificaram em condições controladas que os ciclos de umedecimento e secagem têm papel primário na reestruturação do solo. Porém, em solos estruturados, pode provocar tanto a desestruturação, quanto a estruturação do solo, quando mobilizados por implementos de preparo. Quando os ciclos de umedecimento e secagem são rápidos, ocorre à desestruturação, ao contrário, é favorecido a estruturação. Após subsolado a infiltração da água passa a ser mais rápida, causando um retorno mais rápido do adensamento.

O retorno do adensamento ocorre no solo desestruturado por implementos de preparo, devido aos efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem, devido a

atração entre as partículas durante a secagem, lixiviação de substâncias cimentantes e encrostamento (UTOMO & DEXTER, 1981; UTOMO & DEXTER, 1982).

Após 1,5 anos de realizada a subsolagem todos os solos apresentaram coesão elevada, tanto nas linhas quanto nas entrelinhas de plantio. Por ter sido avaliado após um longo período de baixa precipitação na região, os solos encontravam-se com baixa umidade atual, expressa por valores abaixo do PMP (Tabela 4).

De acordo com Souza (2001) é comum no período mais seco do ano os solos dos Tabuleiros Costeiros apresentarem umidade abaixo do ponto de murcha permanente (PMP).

Desta forma, no período avaliado de 1,5 anos, a RP em todos os solos estudados foi mensurada apenas para a camada de 0 a 10 cm de profundidade, apresentando valores pontuais acima de 10 MPa. Abaixo desta camada, a elevada resistência dos solos impediu a penetração do equipamento (penetrômetro de Stolf) que se mostrou limitado para determinar a RP nas condições avaliadas.

De acordo com técnicos da empresa Bahia Pulp, proprietária das áreas estudadas, independente do tipo de solo, mesmo em áreas já subsoladas, há sempre a necessidade de se repetir a prática de manejo, a cada início de ciclo do eucalipto, uma vez que os solos tendem a re-adensar. Este fato confirma a tendência que os solos característicos dos Tabuleiros Costeiros têm ao adensamento e formação de camadas coesas.

CONCLUSÕES

Independentemente da cor, os solos amarelo, vermelho-amarelo e vermelho estudados apresentaram resistência à penetração elevada, o que indica que todos são coesos.

A coesão do solo retornou após 1 ano da prática da subsolagem, sendo que o re-adensamento foi mais rápido nos solos amarelos, seguidos do vermelho-amarelo e do vermelho.

Os solos estudados, apresentaram valores de resistência à penetração superiores a 2,0 MPa, valor este considerado limite à partir do qual o solo apresenta forte restrição ao crescimento radicular, para a maioria das culturas.

REFERÊNCIAS

ACHÁ-PANOSO, L. **Latossolo Vermelho-Amarelo de “Tabuleiro” do Espírito Santo: formação, características e classificação.** Recife, PE: UFRPE, 1976. 116p. (Tese de Livre Docência) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1976.

ARAUJO FILHO, J.C.; CARVALHO, A. & SILVA, F.B.R. Investigações preliminares sobre a pedogênese de horizontes coesos em solos dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001. **Anais.** Aracaju. EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2001. p.123-142.

BARZEGAR, R.; RENGASAMY, P. & OADES, M. Effects of clays type and rate of wetting on the mellowing of compacted soils. **Geoderma**, 68:39-49, 1995.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil Physics. Nova York: **John Wiley**, 1972. 498 p.

BENNEMA, J. & CAMARGO, M.N. **Some remarks on Brazilian Latosols in relation to the Oxisols of soil taxonomy.** In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 2., Malaysia, 1978. Proceedings. Bangkok, SSD - LDD, 1979. p.233-235.

CHANEY, K.; SWIFT, R.S. Studies on aggregate stability. I: Re-formation of soil aggregates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.329-335, 1986.

CASSEL, D.K. **Subsoiling.** Crops and Soils Magazine, v. 32, p.7-10, 1979.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. & SILVA, A.P. Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil: Uma análise dos efeitos do regime hídrico e da presença de camadas coesas nos solos. Boletim Informativo da Soc. **Bras. Ci. do Solo**, 22:77-80, 1997.

CORRÊA, M. M.; KER, J.C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; PEREIRA, T.T.C. 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. 01, p. 297-313, 2008.

FONSECA, O.O.M. **Caracterização e classificação de solos Latossólicos e Podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral Brasileiro**. Itaguaí, RJ: UFRRJ, 1986. 185p., Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de concentração em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1986.

GERARD, C.J.; SEXTON, P.; SHAW, G. Physical factors influencing soil strength and root growth. *Agronomy Journal*, Madison, v.74, p.875-879, 1982.

HAKANSSON, I. & LIPIEC, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. **Soil Till. Res.**, 53:71-85, 2000.

HAMBLIN, A.P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. **Advances in Agronomy**, v.38, p.95-158, 1985.

HORN, R.; DEXTER, A.R. **Dynamics of soil aggregation in an irrigated desert loess**. *Soil Tillage Research*, v.13, p.253-266, 1989.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: Reunião Técnica sobre Solos Odos Tabuleiros Costeiros. **Anais...** EMBRAPA/UFBA. 1996. p13-26.

JACOMINE, P.K.T. Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros: características, distribuição geográfica, gênese e manejo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25, 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** SBCS. Seção 5.

KEMPER, B.; DERPSCH, R. In: RUSSEL, R.S. *et al.* (ed.). **The soil/root system in relation to Brazilian agriculture**. Londrina: IAPAR, p. 81-101. 1981.

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

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Advances in soil science**, v.1, n. 1, p. 277-294, 1985.

LIMA NETO, J. A.; RIBEIRO, M.R, CORRÊA, M.M.; SOUZA-JUNIOR, V.S.; ARAÚJO FILHO, J.C.; 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 Ciência do Solo**, v. 34, n. 02, p. 473-486, 2010.

LIMA NETO, J. A. RIBEIRO, M.R, CORRÊA, M.M.; SOUZA-JUNIOR, V.S.; ARAÚJO FILHO, J.C.; LIMA, J.F.W.F, LIMA FERREIRA, R.F.A. Caracterização e gênese do caráter coeso em Latossolos Amarelos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 04, p. 1001-1011, 2009.

LIMA NETO, J.A. **Caracterização e gênese do caráter coeso em Latossolos Amarelos e Argissolos da região dos Tabuleiros Costeiros do estado de Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 83p. 2008.

MASLE, J.; PASSIOURA, J.B. The effect of soil strength on the growth of young wheat plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.14, p.643-656, 1987.

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

MOREAU, A. M. S. S.; KER, J.C.; COSTA, L.M.; GOMES, F.H. Caracterização de solos de duas topossequências em Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 1007-1019, 2006a.

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, 2006b.

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, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 138p. (Tese de Doutorado)

NUNES, Fábio Carvalho. **CONTANDO HISTÓRIAS DE TABULEIROS COSTEIROS: APROXIMAÇÕES DE SISTEMAS PEDOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS NO LITORAL NORTE DA BAHIA.** 2011. 412 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia Costeira e Sedimentar, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Cap. 6.

OLIVEIRA, L.B. & MELO, V. Caracterização físico-hídrica do solo. I. Unidade Itapirema. **Pesq. Agropec. Bras.**, 5:35-48, 1970.

RESENDE, M. **Pedologia.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1982. 100p.

REZENDE, J. de O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: Limitações agrícolas e manejo.** Salvador: SEAGRI, SPA, 2000. 117p. (Série Estudos Agrícolas, 1).

RIBEIRO, L.P. Primeiras avaliações sobre a gênese dos solos coesos da Região de Cruz das Almas-BA. /**Apresentado em Mesa Redonda sobre a Organização e Dinâmica Interna da Cobertura Pedológica e sua Importância para a Compreensão da Morfogênese,** Caen, 1991/.

RIBEIRO, L.P. **Silica em horizontes coesos de solos da Bahia.** Universitas, n.38, p.59-80, 1986.

RICHARDSON, S.J. Effect of artificial weathering cycles on the structural stability of a dispersed silt soil. **Journal of Soil Science**, v.27, p.287-294, 1976.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SEIXAS, F. **Efeitos físicos da colheita mecanizada de madeira sobre o solo**. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002. cap.9, p.313-350.

SHANMUGANATHAN, R.T. & OADES, J.M. Influence of anions on dispersion and physical properties of the A horizon of a red-brown-earth. **Geoderma**, 29:257-277, 1983.

SILVA, A.P; FOLEGATTI, M.V.; VIDAL, P.T.; DEMATTE, J.L.I. Efeito da subsolagem em alguns atributos físicos do solo em pomares de laranja no município de Matão-SP. In CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8. Londrina, 1990. **Anais**: Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1990, p.86.

SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R.; MERMUT, A.R. & BENKE, M.B. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em Latossolos Amarelos coesos do Estado de Alagoas: Propriedades micromorfológicas. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:515-525, 1998.

SILVA, A.P.; KAY, B.D. & PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58:1775-1781, 1994.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT 7.7**. UFCG, Campina Grande, 2013.

SMITH, C.W.; JOHNSTON, M.A. & LORENTZ, S. The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical resistance of South African forestry soils. **Geoderma**, 78:93-111, 1997.

SOUZA, L. S.; PAIVA, A.Q. Variação do potencial total da água em uma toposseqüência de solos de tabuleiro, durante dois anos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n.2, p. 349-355, 2001.

SOUZA, L. da S.; CALDAS, R. C.; SOUZA, L. D. Classes de coesão para solos de Tabuleiros Costeiros. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 29., 2003, Ribeirão Preto. Trabalhos apresentados... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.

SOUZA, L.S. **Aspectos sobre o uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.22, n.1, p.34-39, 1997.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 15:229-235, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V.L. **Recomendação para uso do penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar - Stolf**. São Paulo, MIC/IAA/PNMCA-Planalsucar, 1983. 8p. (Série penetrômetro de impacto - Boletim, 1)

TAYLOR, J.C.; BELTRAME, L.F.S. Por que, quando e como utilizar a subsolagem. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.33, n.320, p.34-44, maio/junho 1980.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARDI, P.L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. **Soil Till. Res.**, 52:223-232, 1999.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.573-581, 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos Tabuleiros Costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola.** Viçosa, UFV, 153p. 1984.

USDA. Soil survey manual. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 1993.437p. (**Handbook**,18)

UTOMO, W.H.; DEXTER, H.P. Age hardening of agricultural top soils. **Journal of Soil Science**, v.32, p.335-350, 1981.

UTOMO, W.H.; DEXTER, H.P. Changes in soil aggregate stability induced by wetting and drying cycles in non-saturated soil. **Journal of Soil Science**, v.33, p.623-637, 1982.

VELAME, Z. S.. **Influência da subsolagem, calagem, sistema de plantio e porta-enxerto no crescimento da cultivar tangerineira-tangelo page em solo coeso dos Tabuleiros Costeiros da bahia.** 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

VOORHEES, W.B.; SENST, C.G.; NELSON, W.W. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the Northern Corn Belt. **Soil Science Society of America Journal**, v.42, p.344-349, 1978.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DE CICLOS DE UMEDECIMENTO E SECAGEM NA COESÃO DE SOLOS COM DIFERENTES CORES DOS TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA³

³ Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico

INFLUÊNCIA DE CICLOS DE UMEDECIMENTO E SECAGEM NA COESÃO DE SOLOS COM DIFERENTES CORES DOS TABULEIROS COSTEIROS DO LITORAL NORTE DA BAHIA

Autor: Ronaldo Pedreira dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

RESUMO: A alternância de ciclos de umedecimento e secagem como processo responsável pela gênese dos horizontes coesos, vem sendo objeto de estudo de diversos trabalhos. Tais variações podem atuar continuamente nas frações minerais, proporcionando coesão e conseqüentemente o adensamento das partículas. Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos do empacotamento denso das partículas, quando submetidos a ciclos de umedecimento e secagem em solos de diferentes cores, representativos do Tabuleiros Costeiros. Os solos estudados apresentam característica mineralógica simples, composta por caulinita e quartzo, condição esta padrão para solos dos tabuleiros originados a partir de sedimentos do grupo Barreiras. As amostras foram coletadas em trincheiras separadas em camadas: acima do coeso, no coeso e abaixo do coeso, em solos de diferentes cores. O experimento 1 foi desenvolvido a partir das unidades amostrais indeformadas. O experimento 2 foi desenvolvido a partir de unidades amostrais deformadas, peneiradas em malha de 4 mm, montadas em cilindro de PVC. Os experimentos foram desenvolvidos em casa de vegetação com temperatura controlada. Foram aplicados diferentes ciclos de umedecimento e secagem. Ao final de cada ciclo foi avaliada a resistência a penetração das amostras com umidade equivalente a uma tensão de -100kPa. Para as amostras indeformadas, os solos apresentaram grau de coesão considerada de média a alta em todas as camadas. Nas amostras indeformadas, houve uma tendência no aumento da resistência a penetração com o aumento dos ciclos de umedecimento e secagem (CUS). Os baixos valores de resistência a penetração observados nas amostras desagregadas parece estar relacionados a perda de argila do sistema, a medida que eram aplicados os CUS, fato que impediu a formação de coesão nos solos.

Palavras-chave: horizontes coesos, adensamento e empacotamento

INFLUENCE OF WETTING DRYING CYCLES IN SOIL COHESION WITH DIFFERENT COLORS IN BAHIA NORTHERN COASTAL TRAYS

Author: Ronaldo Pedreira dos Santos

Advisor: Prof. Dr. Oldair Del'Arco Vinhas Costa

Co-supervisor: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

ABSTRACT: The alternating wetting drying cycles, as the process responsible for the genesis of cohesive horizons, has been studied by several works. Such variations can act continuously in the mineral fractions, providing cohesion and therefore the density of the particles. This way, this study aimed to evaluate the effects of particle dense packing when subjected to wetting drying cycles in different color soils, representative of the Coastal Trays. The soils have simple mineralogical characteristics, consisting on kaolinite and quartz, a standard condition for soil trays originated from the Barreiras Group sediments. The samples were collected in separate trenches in layers: above the cohesive layer, at the cohesive layer and below the cohesive layer, in soils with different colors. Experiment 1 was developed from the undisturbed sample units. The experiment 2 was developed from disturbed d sample units, sieved in a 4-mm mesh, mounted on PVC cylinder. The experiments were conducted in a greenhouse with controlled temperature. Different wetting drying cycles were applied. At the end of each cycle, resistance to penetration of moisture samples equivalent to a -100kPa voltage was assessed. For the undisturbed samples, soils presented a cohesion degree considered medium to high in all layers. In the undisturbed samples, there was a trend in increased penetration resistance with increasing wetting drying cycles (WDC). Low penetration resistance values were observed in the disaggregated samples seemingly related to system's lay loss, as WDC was applied, a fact that prevented the soil cohesion formation.

Keywords: cohesive layers, density and packaging

INTRODUÇÃO

Os solos da região dos Tabuleiros Costeiros, de ocorrência no leste do Brasil, são conhecidos por apresentarem um problema de ordem física, denominado coesão, que traz sérios problemas ao desenvolvimento de muitas culturas agrícolas, afetando a sua produtividade elevando a importantes prejuízos de ordem econômica aos produtores locais.

A coesão é uma terminologia utilizada para nomear um estado de endurecimento manifesto quando o solo está seco, que desaparece ou torna-se bem menos expressivo quando o solo está úmido. Esta coesão é genética e encontrada, principalmente, em horizontes subsuperficiais de Latossolos e Argissolos Amarelos dos platôs litorâneos brasileiros, ocorrendo, em geral, na transição entre os horizontes A e B, podendo ocupar boa parte do B (ACHÁ PANOSO, 1976; FONSECA, 1986; JACOMINE, 1996, 1997).

A coesão dos horizontes vem sendo associada a fatores múltiplos e inter-relacionados, de ordem química e física (FRANZMEIER *et al.*, 1996; MULLINS, 1999; GIAROLA *et al.*, 2003), bem como a propriedades mineralógicas e cristalográficas dos minerais de argila destes solos (REZENDE *et al.*, 2002).

Há na literatura muitas hipóteses sobre este assunto, muitas relacionadas à composição dos sedimentos do Grupo Barreiras, que dão origem a estes solos, por apresentarem baixos teores de Fe e serem essencialmente cauliniticos, com esqueleto quartzoso, mal selecionado (MELO *et al.*, 2002), o que pode favorecer ao adensamento dos solos (ZANGRANDE, 1985; ARCANJO, 1990).

Apesar de existir diferentes hipóteses sobre a gênese dos horizontes coesos, uma das que chama mais atenção é a que relaciona este fenômeno à iluviação de argila fina e o conseqüente entupimento de poros de camadas subsuperficiais, a qual promove a formação de camadas coesas (LAMOTTE *et al.*, 1997; CORRÊA, *et al.*, 2008). Entretanto, esta formação também pode estar associada aos ciclos de umedecimento e secagem, causando assim um empacotamento denso das partículas de argila fina e areia muito fina, e conseqüentemente o entupimento dos poros e maior resistência do solo a penetração.

Resende (1982) e UFV (1984) pesquisaram quanto à influência da mineralogia do solo na organização das partículas e propuseram que o

adensamento em solos de tabuleiro origina-se de um possível ajuste face-a-face de partículas do solo, principalmente a caulinita pela sua forma laminar. Segundo estes autores, a forma de deposição dos sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras não permitiu, inicialmente, o ajuste face-a-face das argilas, por se tratar de um meio de pouca liberdade de movimentação (correntes de lama). No entanto, o umedecimento e a secagem do solo provocam atividades de expansão e contração, equivalendo à aplicação de uma energia organizadora, o que tende a colocá-las faceaface, à semelhança do que ocorre com o barro amassado, resulta no aumento da densidade do solo.

Desde então, a consequência da aplicação dos ciclos de umedecimento e secagem tem sido objeto de estudo de diversos trabalhos na busca pela gênese de horizontes coesos. O conhecimento dos mecanismos de formação e estabilidade da estrutura do solo ainda é contraditório, no entanto, Jantsch (1997) concluiu, em seu experimento que as condições para o surgimento de camadas adensadas estão relacionadas com a mineralogia e com os ciclos de umedecimento e secagem, que favorecem o fracionamento dos agregados. Resultados parecidos também foram encontrados por Oliveira (1992) e Oliveira (1994), trabalhando com estabilidade de agregados submetidos a ciclos de umedecimento e secagem.

Em um experimento com variação dos tempos de secagem entre os ciclos de umedecimento, Santos (2000), evidenciou a formação de crostas estruturais e fendilhamento, associados à migração de colóides e hidratação diferencial. Para Aluko & Koolen (2000) a formação de pontes de interagregados no qual a força de coesão entre agregados é atribuída ao filme de umidade entre estes, é variável em função desta.

Ribeiro (1986) cita a alternância de ciclos de umedecimento e secagem como um processo responsável pela gênese dos horizontes coesos, resultando na alteração da estrutura do solo. Para Giarola & Silva (2002), no período seco, os agentes cimentantes seriam desidratados e a matriz argilosa consolidada, provocando o adensamento, já no período úmido, os agregados seriam destruídos devido ao aumento da pressão do ar no seu interior.

Souza (1996) relaciona o alto grau de dispersão da argila com a predominância de frações menores na areia total, sendo determinante para o adensamento observado nos solos coesos. Para Vieira (2012), a variação dos

ciclos de umedecimento e secagem podem atuar continuamente nessas frações, proporcionando a coesão e,conseqüentemente, o adensamento das partículas quando o solo estiver seco.

Para Ferreira (1999), os solos cauliniticos, apresentam estrutura em blocos, devido a caulinita apresentar um arranjo faceaface de suas partículas, ocasionando uma maior densidade do solo, menor macroporosidade e reduzida estabilidade de agregados em água. Jacomine (1996), diz que os solos dos Tabuleiros Costeiros apresentam na fração argila, o predomínio do mineral caulinita, com índice Ki compreendido entre 1,96 e 2,14, também citados por Ker (1998) em uma revisão sobre Latossolos do Brasil.

A presença de um lençol freático na fase úmida, seguida de um grande processo de secagem na estação seca, conforme (LAMOTTE *et al.*, 1997), pode causar condições favoráveis para a dispersão das argilas e posterior formação de pontes de argilas. No caso dos fragipãs, a dureza do solo quando seco observada em horizontes cimentados, é resultante do adensamento provocado por pontes de ligação de argila com o esqueleto do solo (SINGER *et al.*, 1992), o autor ainda cita que o desenvolvimento de revestimentos e pontes de argila ao redor do esqueleto do solo, aumentam significativamente com o aumento dos ciclos de umedecimento e secagem.

Para Attou & Bruande (1998), os ciclos causam a dispersão (umedecimento) e reorganização de partículas de argila no solo (secagem). Os autores mostraram que quando partículas de silte foram misturadas com argila e aplicado apenas um ciclo de umedecimento e secagem nas amostras, não houve a formação de pontes de argila entre as partículas de silte.

Apesar de numerosos, a maioria dos trabalhos que estudou sobre a coesão relacionou este fenômeno a solos (Latosolos e Argisolos) amarelos e, ou acinzentados, sendo poucos os trabalhos que têm mostrado e discutido a formação de horizontes coesos em solos vermelhos e, ou vermelho-amarelos.

Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos do empacotamento denso das partículas do solo, quando submetidos a ciclos de umedecimento e secagem, em solos de diferentes cores, representativos dos Tabuleiros Costeiros da região Norte do Estado da Bahia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

Os solos estudados localizam-se no município de Inhambupe, na mesorregião geográfica do Litoral Norte da Bahia, segundo IBGE (2015), entre os paralelos 11° e 13° S e os meridianos 37° e 40° Gr. A área escolhida para estudo está inserida na fazenda. Salgado pertencente a empresa Bahia Pulp. A mesma encontra-se, segundo BRASIL (1982) na feição geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros. Os solos estudados foram desenvolvidos a partir de sedimentos oriundos de formações superficiais (Cenozóico), arenitos argilosos a conglomeráticos, argilitos puros a arenosos e conglomerados do grupo Barreiras CPRM, (2005).

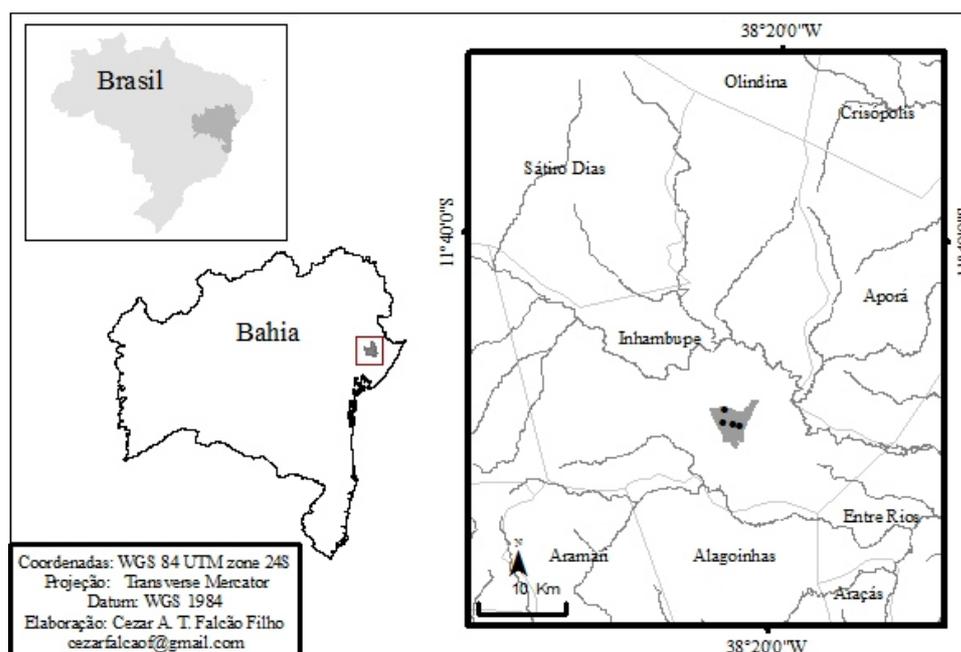


Figura 1: Mapa de localização dos perfis estudados.

O balanço hídrico climatológico (BHC) da região de estudo (Figura 2), mostra que os sedimentos do Grupo Barreiras foram submetidos a inúmeros ciclos de umedecimento e secagem. Observando o BHC e o Climograma da região (Figura 3), percebe-se claramente as variações de períodos secos e chuvosos, porém, dentro de cada estação certamente ocorrerá vários ciclos de umedecimento e secagem.

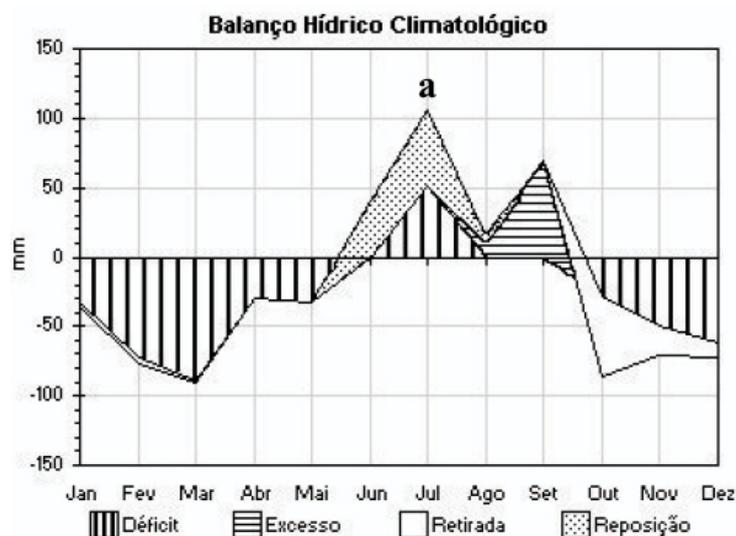


Figura 2: Balço hídrico do período 2000-2002 e média da precipitação semanal no trimestre (o 1º trimestre refere-se aos meses de maio a julho), em Inhambupe, Bahia.

O BHC é uma ferramenta extremamente importante para a determinação da ocorrência e magnitude dos períodos secos e chuvosos. Agronomicamente, define as condições hídricas na qual as culturas se desenvolverão. No estudo específico, mostra as condições e a periodicidade em que os ciclos de umedecimento e secagem acontecerão no solo.

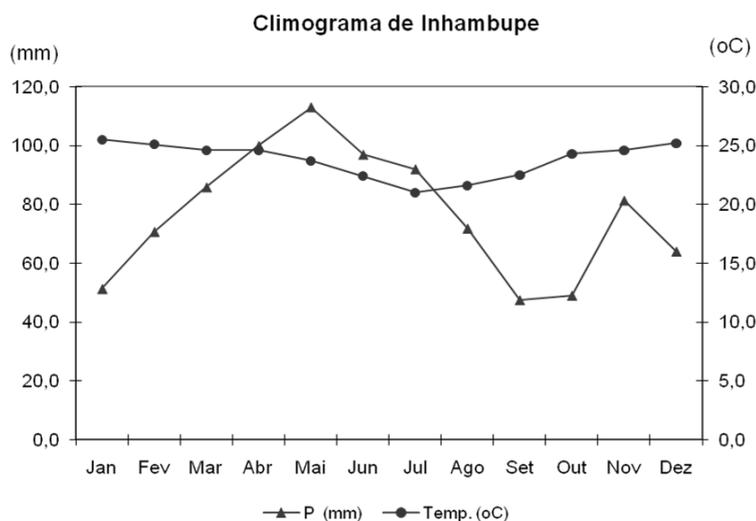


Figura 3: Normais climatológicas de Inhambupe, estação de Inhambupe. Período 1943-1981. Fonte: INMET (1991). Tipologia Climática: Koppen - Am; Thornthwaite e Mather - C1dA'a' (subúmido a seco).

Os solos estudados ocorrem em um mesmo tabuleiro, com relevo plano e suave-ondulado, e em cotas altimétricas ligeiramente diferentes, que variaram de 232 m a 214m. Apesar destas variações, o relevo local na região de estudo de cada solo é plano. Os solos foram descritos segundo Santos *et al.*, (2013), em trincheiras, onde foram coletadas amostras, para posteriores análises físicas, químicas e mineralógicas, bem como material para montagem de experimento em casa de vegetação.

Com base em estudos prévios, os solos estudados foram classificados como Argissolo Amarelo Distrocoeso latossólico (PA_{dx}), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossólico coeso (PVA_{dx}), Latossolo Vermelho Distrófico argissólico coeso (LV_{dx}) e Argissolo Acinzentado distrocoeso arênico (PAC_{dx}) e apresentaram características químicas físicas e mineralógicas, gerais, apresentadas nas Tabela 1, 2 e 3.

Em geral, todos os solos estudados apresentam característica mineralógica simples, composta por caulinita e quartzo, condição esta padrão para solos dos Tabuleiros Costeiros, originados a partir de sedimentos do grupo Barreiras, conforme descrito por diferentes autores: Jacomine (1996); Ribeiro (1996, 1998); Rezende (2000); Lima *et al.* (2004), Coelho (2005);Moreau *et al.* (2006); Corrêa *et al.* (2008); Giarola *et al.* (2009); Lima Neto (2010); Nunes (2011). Além disso, os mesmos apresentam baixos teores de ferro, apesar de o solo vermelho apresentar teores mais elevados deste elemento que o solo vermelho-amarelo e este maior que o amarelo e o acinzentado, respectivamente.

Tabela 1: Características físicas de Argissolos e Latossolo coesos em área dos Tabuleiros Costeiros no município de Inhambupe-Ba.

Simb.	Prof. cm	AT -----g kg ⁻¹ -----	SIL	ARG	GD %	DS - kg m ³ -	DP	MP ----- dm ³ dm ⁻³ -----	mP	PT
ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico (PAdx)										
Ap1	0-6	870	30	100	100	1.78	2.50	0.16	0.14	0.30
A2	6-25	849	31	120	100	1.78	2.49	0.16	0.14	0.29
A3	25-49	802	28	170	6	1.78	2.50	0.16	0.14	0.30
AB	49-70	846	34	120	0	1.78	2.50	0.14	0.14	0.29
Bt1	70-105	740	40	220	0	1.77	2.55	0.15	0.14	0.29
Bt2	105-145	758	42	200	0	1.75	2.61	0.17	0.15	0.32
Bw1	145-197	744	43	213	0	1.73	2.64	0.19	0.15	0.34
Bw2	197-210+	-	-	-	-	1.70	2.63	0.19	0.15	0.34
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (PVAdx)										
A1	0-9	843	47	110	100	1.78	2.61	0.21	0.11	0.32
A2	9-18	862	11	127	100	1.76	2.62	0.22	0.11	0.33
A3	18-32	867	15	118	100	1.75	2.65	0.22	0.12	0.34
AB	32-47	682	21	297	13	1.74	2.67	0.24	0.11	0.35
BA	47-78	732	13	255	8	1.70	2.65	0.23	0.15	0.38
Bt1	78-128	741	34	225	4	1.57	2.60	0.21	0.18	0.39
Bt2	128-190+	683	33	284	-	-	-	-	-	-
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (LVdx)										
Ap1	0-10	711	99	190	89	1.66	2.67	0.17	0.22	0.39
A2	10-27	754	56	190	74	1.67	2.69	0.17	0.22	0.38
A3	27-55	729	102	170	12	1.65	2.67	0.16	0.23	0.39
AB	55-87	688	162	150	0	1.62	2.67	0.16	0.24	0.39
BA1	87-123	679	81	240	0	1.65	2.67	0.15	0.24	0.39
BA2	123-160	693	47	260	0	1.67	2.66	0.16	0.25	0.41
Bw1	160-215	673	88	240	0	1.47	2.37	0.17	0.21	0.38
Bw2	215-300+	-	-	-	-	1.45	2.35	0.17	0.22	0.39
Ap1	0-17	876	23	101	100	1.59	2.47	0.15	0.20	0.35
Ap2	17-39	875	16	109	100	1.63	2.53	0.15	0.20	0.35
AB	39-64	850	18	132	83	1.71	2.62	0.16	0.19	0.35
BA	64-123	728	24	248	52	1.62	2.60	0.18	0.18	0.36
Bt1	123-179	714	40	246	0	1.65	2.61	0.20	0.17	0.37
Bt2	179-200+	691	49	260	0	-	-	-	-	-

Legenda: AT = areia total; SIL = silte; ARG = argila; GD = grau de dispersão; DS = densidade do solo; DP = densidade de partícula; MP = macroporosidade; mP = microporosidade e PT = porosidade total

Tabela 2: Características químicas de Argissolos e Latossolo coesos em área dos Tabuleiros Costeiros no município de Inhambupe-Ba.

Horiz	Prof cm	pH H ₂ O	SB -----Cmolc dm ⁻³ -----	t	T	V	COT
ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso latossólico (PAdx)							
Ap1	0-6	4.8	0.99	2.6	4.29	23	0.50
A2	6-25	5.0	0.86	2.6	4.16	21	0.30
A3	25-49	5.1	0.86	2.4	4.31	20	0.22
AB	49-70	4.8	0.74	2.5	5.99	12	0.20
Bt1	70-105	4.7	0.59	1.9	7.39	8	0.18
Bt2	105-145	4.8	0.72	1.4	7.37	10	0.15
Bw1	145-197	4.8	0.72	1.4	7.52	10	0.14
Bw2	197-210+	-	-	-	-	-	-
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico coeso (PVAdx)							
A1	0-9	5.2	1.71	4.0	6.51	26	0.44
A2	9-18	5.0	1.26	3.3	8.06	16	0.30
A3	18-32	4.7	0.86	2.7	9.46	9	0.28
AB	32-47	4.7	0.90	2.5	11.50	8	0.18
BA	47-78	4.6	0.90	2.0	13.50	7	0.16
Bt1	78-128	4.7	0.70	1.8	11.05	6	0.14
Bt2	128-190+	4.8	0.52	1.4	8.57	6	0.13
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico coeso (LVdx)							
Ap1	0-10	6.5	2.94	4.1	3.54	83	0.54
A2	10-27	6.0	2.20	4.0	3.45	64	0.35
A3	27-55	5.6	1.24	2.8	3.49	36	0.24
AB	55-87	5.1	1.14	2.7	5.84	20	0.22
BA1	87-123	4.5	0.93	2.4	7.58	12	0.17
BA2	123-160	4.5	0.80	1.9	5.95	13	0.16
Bw1	160-215	4.6	0.67	2.0	4.47	15	0.15
Bw2	215-300+	-	-	-	-	-	-
ARGISSOLO ACIZENTADO distrocoeso arênico(PACdx)							
Ap1	0-17	5.5	1.97	3.6	5.82	34	0.43
Ap2	17-39	5.2	1.54	3.2	6.69	23	0.38
AB	39-64	4.9	1.17	2.8	7.67	15	0.32
BA	64-123	4.9	1.07	2.7	7.62	14	0.29
Bt1	123-179	5.0	0.99	2.0	7.49	13	0.20
Bt2	179-200+	4.7	1.08	2.3	8.43	13	0.14

Legenda: SB = soma de bases; t = CTC efetiva; T = CTC total; V = percentual de saturação de bases; COT = carbono orgânico total

Tabela 3: Teores de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, obtidos pelo ataque sulfúrico na TFSA, e relações moleculares Al₂O₃/Fe₂O₃, Ki e Kr de Argissolos e Latossolo coesos em área dos Tabuleiros Costeiros no município de Inhambupe-Ba.

Perfil	Camadas	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Ki
		-----dag kg ⁻¹ -----					
PA _{dx}	ACIMA	3,48	3,59	0,75	0,13	4,79	1,7
	COESO	7,21	5,26	1,00	0,19	5,26	2,3
	ABAIXO	6,91	8,43	1,53	0,32	5,51	1,4
PV _{Adx}	ACIMA	4,69	4,44	0,99	0,16	4,48	1,8
	COESO	7,39	8,23	1,73	0,30	4,76	1,5
	ABAIXO	7,61	8,54	1,72	0,34	4,97	1,5
LV _{dx}	ACIMA	6,01	5,72	1,30	0,17	4,40	1,8
	COESO	11,99	12,26	2,41	0,39	5,09	1,7
	ABAIXO	8,79	10,01	2,05	0,31	4,88	1,5
PA _{Cdx}	ACIMA	3,93	3,95	0,29	0,14	13,62	1,7
	COESO	6,06	6,81	0,43	0,27	15,84	1,5
	ABAIXO	5,44	4,97	0,53	0,32	9,38	1,9

Delineamento Experimental

Para cada solo estudado, foram coletadas, em trincheiras, amostras deformadas e indeformadas em camadas definidas após descrição morfológica dos solos e identificação da camada coesa, separadas em: acima do coeso (AC), no coeso (CO) e abaixo do coeso (AB) para a montagem de dois experimentos.

O experimento 1 foi desenvolvido a partir das unidades amostrais indeformadas. A mesma foi retirada em um cilindro de alumínio, com dimensões de 5,0 cm de diâmetro por 5,0 cm de altura, com o uso de trado, coletadas nas camadas citadas acima. Após coletados, os cilindros, contendo solo em todo o seu volume (100 cm³), foram forrados no fundo com tecido para evitar perda excessiva de material do solo quando do seu umedecimento,

Para a montagem do experimento 2, foram utilizadas amostras deformadas e peneiradas em peneira de 4 mm. O material foi colocado em um cilindro de PVC, com dimensões de 5,0 cm de diâmetro e 7,0 de altura, forrado na parte inferior com tecido, contendo solo em todo o seu volume (138 cm³).

Os tratamentos aplicadas em cada solo foram montados em duplicata, para a avaliação da resistência a penetração após os ciclos de umedecimento e secagem.

As amostras indeformadas e deformadas foram transportadas para casa de vegetação climatizada, onde procedeu-se a montagem, em bandejas de PVC sobre bancada.

Para determinação da umidade do solo a ser utilizada antes e após os ciclos de umedecimento e secagem, foi realizada a curva de retenção para cada solo, conforme o método proposto por van Genuchten (1980).

As amostras dos dois experimentos foram submetidas aos ciclos de umedecimento e secagem (0 ciclo; 3 ciclos; 5 ciclos; 10 ciclos; 15 ciclos), sendo o umedecimento realizado por capilaridade, utilizando água destilada até a saturação total, com lâmina de água de 30 mm. Um novo ciclo iniciava quando as amostras atingiam o ponto de murchamento permanente.

As amostras eram pesadas periodicamente até alcançar o peso equivalente a perda de água que representava o ponto de murchamento permanente, calculadas a partir dos valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Valores de umidade correspondentes a capacidade de campo ($\psi_m = -10$ kPa) e ponto de murcha permanente, ($\psi_m = 1500$ kPa), conforme (KIEHL, 1979; LIER, 2010; REICHARDT, 1990).

CAMADA	UMIDADE (g.g ⁻¹) CC	UMIDADE(g.g ⁻¹) PMP
ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico		
ACIMA	5,92	3,52
COESO	6,59	2,88
ABAIXO	9,00	5,31
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico coeso		
ACIMA	7,59	4,97
COESO	10,46	6,75
ABAIXO	9,76	6,52
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico coeso		
ACIMA	8,72	4,95
COESO	11,63	7,25
ABAIXO	11,78	7,18
ACIMA	7,47	3,68
COESO	9,73	5,17
ABAIXO	11,35	6,30

Caracterização física e química dos solos

Para as análises de caracterização física e química, as amostras passaram por secagem, destorroamento e tamisação em peneira de malha de 2 mm, sendo realizadas em duplicata.

Os solos foram caracterizados física e quimicamente, em estudo prévio, conforme métodos sugeridos por Embrapa (2005). Além da caracterização geral dos solos, determinou-se o teor de carbono orgânico (YEOMANS & BREMNER, 1988) antes e depois dos solos serem submetidos aos ciclos de umedecimento e secagem.

Além disso, também foram realizadas antes e após a aplicação dos ciclos as seguintes análises físicas: textura, argila dispersa em água, densidade do solo.

A textura do solo foi avaliada na metade superior e na metade inferior do cilindro, com o intuito de se avaliar possíveis perdas de frações mais finas do solo após a aplicação dos ciclos de umedecimento e secagem.

Ao final de cada tratamento (ciclos), as amostras foram colocadas em panela de Richer com tensão de 100 KPa. Posteriormente foram analisadas a resistência à penetração, à exceção das amostras avaliadas antes da aplicação dos ciclos (0 ciclos), que foram medidas com tensão de 33 KPa. Vale ressaltar que estas tensões os solos estavam com umidade abaixo da capacidade de campo, obtidas para os solos com textura mais arenosas a 10 KPa.

Para determinação da umidade do solo a ser empregada em cada ciclo de secagem, determinou-se a curva de retenção de umidade com os seguintes pontos: -10; -33; -100; -500 e -1500 kPa, conforme método proposto por RICHARDS (1949).

Retenção de umidade

A curva de retenção de umidade foi determinada de acordo com a técnica descrita por Richards (1949). Os teores de umidade foram obtidos em equilíbrio com as tensões de -10, -33, -100, -300, -500 e -1500 kPa. As curvas foram ajustadas (apêndice 2) utilizando-se a equação proposta por van Genuchten (1980), mostrada a seguir:

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

onde θ_s e θ_r são as umidades na saturação e residual, respectivamente e α , n e m parâmetros de ajuste, os quais são obtidos neste trabalho, O ajuste foi feito com o auxílio do programa Soil Water Retention Curve - SWRC (Dourado Neto et al., 2001).

Resistência a penetração

Para realizar a avaliação da resistência do solo à penetração mecânica utilizou-se o penetrômetro eletrônico de bancada modelo MA 933 da marca MARCONI, dotado de variador eletrônico de velocidade e sistema de registro de dados (TORMENA *et al.*, 2007).

Os dados obtidos pelos métodos de determinação da resistência do solo à penetração foram expressos em MPa.

Após os ciclos de umedecimento e secagem, foi verificado o quanto o solo "empacotou", e assim determinado uma nova densidade do solo pelo método do anel volumétrico.

Assim, quando as amostras foram retiradas da panela de Richer foram medidos o empacotamento do solo com o uso de um paquímetro, logo em seguida, encaminhadas ao penetrômetro para efetuar a medida de resistência à penetração, posteriormente, levadas a estufa a 105^o C. Após secas, foram pesadas e assim determinada a nova densidade do solo, visto que, já havia sido calculado o novo volume, ao mesmo tempo.

Análises estatísticas

Para cada solo estudado (total de quatro), o experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3X5X4 para o experimento 1 e 3x5x5 para o experimento 2, sendo o Fator 1 = camadas; Fator 2

= ciclos e Fator 3 = profundidade no cilindro. Posteriormente os resultados foram submetidas a ANAVA (Teste F) e ao teste de Scott-Knott (5%) quando haviam diferenças significativas. Além disso, efetuou-se a comparação dos resultados obtidos em cada método mediante teste de correlação linear de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme os dados das verificações morfológicas, a coesão foi detectada em campo nas profundidades de 49 e 145 cm para o Argissolo Amarelo (PAdx) abrangendo os horizontes AB, Bt1 e parte do Bt2. No Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAdx) a coesão foi encontrada entre as profundidades de 32 e 98 cm, envolvendo os horizontes B, BA e parte do Bt1. No Latossolo Vermelho (LVdx) a coesão foi observada entre as profundidades de 55 e 180 cm (horizontes AB, BA1, BA2 e parte do Bw1), enquanto que para o Argissolo Acinzentado (PACdx) esta característica foi observada entre 64 e 158 cm, englobando o horizonte BA e parte do Bt1.

De acordo com os resultados obtidos nas análises físicas (Tabela 1), os Argissolos (PAdx, PVAdx e PACdx), apresentaram classe textural areia-franca nos horizontes A, incluindo AB, e franco-argilo-arenosos horizontes B, inclusive o BA. No Latossolo (LVdx), a classe textural variou de franco arenosa nos horizontes A, a franco-argilo-arenosa nos horizontes B, sendo este o solo mais argiloso.

Ao analisar os dados de textura obtidos para as camadas acima do coeso, no coeso e abaixo do coeso (Tabela 5), observa-se que, para todos os solos, a primeira camada apresenta classe textural variando de areia franca a franco arenosa, com teores de argila não ultrapassando a 162 g.kg^{-1} de solo. Na camada coesa a textura variou de franco-arenosa a franco-argilo-arenosa, apresentando teores de argila entre 162 e 282 g.kg^{-1} de solo; enquanto que abaixo desta camada a classe textural é franco-argilo-arenosa, para todos os solos, com teores de argila variando de 219 a 287 g.kg^{-1} de solo, sendo o Latossolo o mais argiloso.

Os teores de argila dispersa em água e, conseqüentemente do grau de dispersão, em todos os solos estudados, são mais elevados nas duas primeiras camadas, possivelmente, devido às mesmas apresentarem maiores valores de pH (RAIJ & PEECH, 1972; MAURI *et al.*, 2011) e sódio trocável e menores teores de óxidos de ferro, em comparação à última camada, que apresenta material de solo quase que totalmente floculado. O Argissolo Amarelo (P01) e o Argissolo Acinzentado (P04), solos que possuem um menor teor de óxidos de ferro, apresentam, na camada coesa grau de dispersão igual à camada acima do coeso.

Tabela 5: Características físicas em diferentes camadas de Argissolos e Latossolo coesos em área dos Tabuleiros Costeiros no município de Inhambupe-Ba.

Perfil	Camada	Granulometria								Classe Textural	ADA	G D
		AMG	A G	AM	AF	AMF	AT	SIL	ARG			
		-----g.kg ⁻¹ -----										
		-----								g.kg ⁻¹		%
PAdx	ACIMA	3	72	307	439	72	892	2	106	AF	77	73
	COESO	2	42	309	409	76	838	0	162	FA	129	80
	ABAIXO	3	18	280	396	77	774	7	219	FAA	6	3
PVAdx	ACIMA	5	35	273	452	84	849	11	140	AF	113	81
	COESO	2	49	213	406	70	741	8	251	FAA	25	10
	ABAIXO	2	30	176	437	95	739	22	239	FAA	0	0
LVdx	ACIMA	10	72	262	372	87	802	31	167	FA	109	65
	COESO	23	84	222	298	115	718	0	282	FAA	44	16
	ABAIXO	17	77	208	307	80	688	25	287	FAA	3	1
PACdx	ACIMA	13	89	262	391	92	846	12	142	AF	126	89
	COESO	11	60	204	362	95	732	64	204	FAA	182	89
	ABAIXO	15	10	183	359	161	728	26	246	FAA	0	0

AF – areia franca; FA- franco arenosa; FAA –franco argilo arenosa; ADA – argila dispersa em água; GD – grau de dispersão.

Os resultados da densidade do solo nas camadas foram considerados altos, estando relacionados à alta densidade de partículas encontrada, causada por elevados teores de areia total nesses horizontes, estando estes valores semelhantes aos encontrados nos horizontes. Os perfis P01 e P02 obtiveram os maiores valores de densidade do solo. A Ds nos horizontes coesos dos perfis estudados foram semelhantes aos encontrados por Nunes (2011) e Miranda (2012) estudando Argissolos e Latossolos do Litoral Norte da Bahia.

Kiehl (1979) destaca que, em geral os solos arenosos apresentam densidade entre 1,25 e 1,40 g kg⁻¹, enquanto que para solos argilosos estes valores estão entre 1,0 e 1,25 g kg⁻¹. Para solos orgânicos os valores são abaixo de 1,0 g kg⁻¹. Estes valores permitem inferir que, isoladamente os dados de densidade do solo não é um bom parâmetro para medir a coesão e, ou cimentação dos solos, conforme destacado por Coelho (2005), ao estudar a gênese de solos cimentados em Tabuleiros Costeiros.

A densidade do solo permanece elevada mesmo com o aumento no teor de argila observado nos horizontes intermediárias e primeiros centímetros do horizonte B, evidenciando a coesão encontrada nos solos estudados.

Experimento 1: Ciclos de umedecimento e secagem em amostras indeformadas.

Estudos preliminares de campo (análise morfológica) mostraram que todos os solos estudados: Argissolo Amarelo (PA_{dx}), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA_{dx}), Latossolo Vermelho (LV_{dx}) e Argissolo Acinzentado (PAC_{dx}) apresentavam coesão de moderada a forte nos subhorizontes AB e BA e em parte do horizonte B, sendo que o LV_{dx} apresentou a maior coesão. Estes dados foram confirmados por Nunes (2005 e 2011), quando estudou a gênese de solos vermelhos e amarelos dos Tabuleiros Costeiros, na mesma região.

Os dados de resistência à penetração - RP (tabela 6) das amostras indeformadas, para as diferentes camadas dos solos estudados, obtidos antes da aplicação dos ciclos de umedecimento e secagem e com umidade na capacidade de campo (condição esta observada quando da retirada das amostras em campo), evidenciam coesão ($RP \geq 2,0$ MPa) apenas para as camadas coesa e abaixo do PA_{dx}, acima e coesa do PVA_{dx} e abaixo para o PAC_{dx}. Possivelmente, devido à elevada umidade dos solos o LV_{dx} e o PAC_{dx} não apresentaram coesão, em especial na camada prédefinida como coesa.

Staff (1993) classifica os valores de resistência à penetração em baixo ($RP < 0,1$ MPa), intermediário (RP entre 0,1 e 2,0 MPa) e alto ($RP > 2,0$ MPa). Segundo Mullins (1987), valores de RP acima de 2,0 MPa resultam em sérias limitações ao crescimento das raízes, mesmo com conteúdos elevados de umidade do solo. Históricos da área de estudo, revelam que o sistema radicular apresenta sérios problemas no seu desenvolvimento, principalmente quando encontra estes horizontes, desenvolvendo-se horizontalmente, o que leva ao tombamento de muitas plantas de eucalipto na região.

A diferença de estado de coesão entre os solos estudados pode ser explicada pelo maior conteúdo de água apresentada pelos mesmos no momento da medição da RP. De acordo com diferentes autores (ACHÁ PANOSO, 1976;

FONSECA, 1986; JACOMINE, 1996, 1997; Embrapa, 2013) a coesão é um fenômeno manifesto quando o solo está seco, que desaparece ou torna-se bem menos expressivo quando o solo está úmido.

Tabela 6: Valores de resistência do solo à penetração (MPa) com umidade equivalente a -100 kPa nas amostras indeformadas, referentes as diferentes números de ciclos de umedecimento e secagem (US) em diferentes camadas.

CAMADAS	PROF. (cm)	CICLOS DE US				
		0*	3	5	10	15
PAdx						
ACIMA	1	0.55	1.49	1.39	3.05	1.44
	2	1.02	4.07	5.28	6.30	5.42
	3	1.25	7.77	6.52	7.76	7.86
	4	1.44	6.68	5.31	5.09	6.18
**		1.06 cB	5.00 bA	4.62 aA	5.55 aA	5.22 aA
COESA	1	2.01	2.67	2.54	3.15	3.07
	2	4.30	7.11	5.10	6.56	6.35
	3	4.99	10.45	6.55	7.23	7.77
	4	4.28	8.67	5.53	4.96	6.29
**		3.90 aC	7.23 aA	4.93 aB	5.47 aB	5.87 aB
ABAIXO	1	1.42	2.16	1.84	1.97	2.08
	2	2.49	3.42	3.13	3.05	3.73
	3	2.86	3.45	3.20	3.22	3.71
	4	2.81	2.80	2.96	2.74	2.88
**		2.40 bA	2.96 cA	2.78b bA	2.78 bA	3.10 bA
PVAdx						
ACIMA	1	1.76	2.88	1.85	1.88	1.43
	2	2.33	7.37	3.62	3.86	3.12
	3	2.74	9.22	4.64	4.28	4.02
	4	2.52	6.32	4.32	3.12	3.83
**		2.34 bB	6.45 aA	3.61 aB	3.29 aB	3.10 bB
COESA	1	2.76	2.93	2.69	2.19	3.75
	2	4.52	5.52	5.37	3.87	6.63
	3	4.64	5.80	5.64	4.56	7.12
	4	3.89	5.61	4.47	4.45	6.84
**		3.95 aA	4.96 aA	4.54 aA	3.77 aA	6.08 aA
ABAIXO	1	0.56	2.80	1.12	0.95	1.26
	2	1.24	6.57	2.12	1.63	1.95
	3	1.65	7.87	2.45	1.78	1.98
	4	1.80	3.05	2.50	1.73	1.68
**		1.31 bB	5.07 aA	2.05 bB	1.52 bB	1.72 bB

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha e indicam médias significativas pelo teste de Scott Knotta 5% de probabilidade. * o ciclo 0 foi medido em umidade equivalente a -33kPa; ** interação da média de RP cicloXcamada. A análise estatística refere-se a cada perfil individualmente.

Tabela 6 – Continuação...

		LVdx				
ACIMA	1	0.88	1.80	0.89	1.06	1.24
	2	1.20	2.69	1.52	1.70	1.87
	3	1.68	2.83	2.07	1.54	2.27
	4	1.83	2.19	2.16	1.18	2.30
**		1.40 aA	2.38 aA	1.66 aA	1.37 aA	1.92bA
COESA	1	0.63	1.82	0.98	1.38	1.33
	2	1.35	2.79	1.86	2.30	2.91
	3	1.41	2.41	2.18	1.97	3.41
	4	0.99	1.72	2.12	1.42	3.32
**		1.09 aB	2.18 aA	1.78 aB	1.76 aB	2.74 aA
ABAIXO	1	0.85	1.03	0.64	0.92	0.56
	2	1.57	1.75	1.57	1.68	1.30
	3	1.85	1.76	2.02	1.84	1.60
	4	1.85	1.46	2.01	1.69	1.62
**		1.53 aA	1.50 bA	1.56 aA	1.53 aA	1.27 bA
		PACdx				
ACIMA	1	0.90	1.59	0.49	0.80	1.26
	2	1.29	3.15	1.10	1.76	2.29
	3	1.41	3.57	1.52	2.08	2.47
	4	1.38	3.10	1.45	1.76	2.28
**		1.25 aB	2.85 bA	1.14 bB	1.60 bB	2.07 bA
COESA	1	0.78	2.85	1.82	1.54	2.10
	2	1.07	5.84	3.30	2.87	4.06
	3	1.27	6.88	3.72	3.36	4.52
	4	1.75	7.22	3.23	3.32	3.95
**		1.22 aC	5.70 aA	3.02 aB	2.77 aB	3.66 aB
ABAIXO	1	1.95	1.34	1.32	0.81	0.64
	2	2.38	2.67	2.23	1.70	1.66
	3	2.07	3.11	2.73	1.92	2.41
	4	1.67	3.13	2.75	1.88	2.74
**		2.02 aA	2.56 bA	2.26 aA	1.58 bA	1.86 bA

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha e indicam médias significativas pelo teste de Scott Knotta 5% de probabilidade. * o ciclo 0 foi medido em umidade equivalente a -33kPa; ** interação da média de RP cicloXcamada. A análise estatística refere-se a cada perfil individualmente.

Outra tendência geral observada para todos os solos, dentro dos cilindros, foi o aumento de RP em profundidade, principalmente nas camadas de 2 e 3 centímetros. Este fato pode ser explicado pelo aumento nos teores de argila em profundidade, conferido por processo de translocação do material de solo mais fino, com a presença da água utilizada no processo de umedecimento dos solos. Nas profundidades de 1 e 4 centímetros os valores de RP tenderam a ser mais baixos, provavelmente devido à perda de argila nestas camadas de solo. Vale ressaltar que observou-se perda de material fino em todos os processos de

umedecimento dos solos, notado pela cor turva da água na bandeja utilizada para saturação da amostras.

Apesar das tendências gerais apresentadas, o comportamento de cada solo frente aos ciclos de umedecimento e secagem foi diferenciado para cada camada avaliada. O PAdx apresentou coesão alta nas camadas acima e coeso e coesão média na camada abaixo, que se mantiveram sem alteração ao longo dos ciclos. O PVAdx apresentou coesão alta em todas as camadas, após o terceiro ciclo, que se manteve apenas na camada coesa. Nas camadas acima e abaixo a resistência diminuiu com o aumento do número de ciclos, chegando a apresentar coesão baixa na camada abaixo. Para o LVdx, que apresentou para todas as camadas baixa coesão, percebeu-se aumento da coesão apenas após o terceiro ciclo, nas camadas acima e coeso e esta diminuiu com o aumento dos ciclos. Na camada abaixo, a resistência à penetração se manteve baixa em todos os ciclos avaliados. No PACdx, a coesão se manteve baixa nas camadas acima e abaixo, com o aumento dos ciclos, enquanto que na camada coesa a RP apesar de alta em todos os ciclos, diminuiu à partir do quinto ciclo.

O aumento de resistência na camada acima do coeso em todos os solos pode ser explicada pela redução nos conteúdos de matéria orgânica dos solos após a aplicação dos ciclos de umedecimento e secagem. Este fato foi claramente observado no experimento 2, onde esta característica foi avaliada em amostras de solo deformadas, colocadas em anéis para aplicação de ciclos de umedecimento e secagem e medição da resistência à penetração.

Aumentos significativos na resistência do solo a penetração a partir do 3º ciclo de umedecimento e secagem em todos os perfis estudados, tanto para amostras indeformadas, quanto para amostras deformadas, sugerem o ajuste face-a-face e, conseqüentemente, o empacotamento denso das partículas, conforme sugere Silva & Ribeiro (1992). Além disso, o aumento na RP em camadas intermediárias dentro dos cilindros pode sugerir o aumento na coesão do solo com o processo de migração de argila e o conseqüente entupimento dos poros conforme sugere Corrêa (2008).

De acordo com Tormena *et al* (2004), a RP se correlaciona com vários atributos, entre elas a densidade do solo e principalmente a umidade do solo. Além destes, atributos como textura, conteúdo de matéria orgânica, mineralogia,

agregação do solo, dentre outros, influenciam diretamente na resistência à penetração do solo e, conseqüentemente na coesão do mesmo.

Estabelecendo-se correlação entre a resistência à penetração e atributos mineralógicos (teores de óxido de ferro), físicos (granulometria e grau de dispersão) e químico (carbono orgânico total) dos solos estudados, pode-se observar um comportamento diferenciado para cada um deles.

De acordo com a tabela de correlação (Tabela 7), é possível observar para o PAdx que a RP correlacionou-se significativa e negativamente com os teores de ferro total (Fe_2O_3) e de argila muito grossa e positivamente com os teores de ferro de melhor cristalinidade (Fe_d), de areias grossa e média, de silte, de argila e do grau de dispersão das argilas. Estes resultados indicam que para este solo o aumento da coesão pode estar diretamente relacionado com o aumento nos teores destes últimos atributos relacionados.

Para o PVAdx correlações significativas e positivas foram obtidas com as formas de ferro mais amorfas (Fe_o), com os teores de areia grossa, areia fina, areia muito fina, silte e carbono orgânico total, sendo possivelmente estes os atributos que mais influenciam na coesão deste solo. Para o LVdx, os atributos de maior correlação com a RP e que certamente, influenciaram na coesão do solo são os teores de areia muito fina ($r = 0,90$) e silte ($r = 0,67$). Enquanto que para o PACdx os atributos que mais contribuíram para a coesão do solo foram as formas de ferro de pior cristalinidade (Fe_o) e os teores de areia fina e de silte.

Tabela 7: Matriz de correlação entre a resistência a penetração do solo e parâmetros físicos e químicos em para amostras indeformadas.

Solo	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO												RP
	Fe_2O_3	DCB Fe_d	Oxa Fe_o	AMG	AG	AM	AF	AMF	SIL	ARG	GD	COT0	
PAdx	-0.71	0.65	-	-0.83	0.50	0.92	0.36	0.25	0.98	0.56	0.93	0.22	1
PVAdx	-0.12	0.11	0.61	0.13	0.92	0.49	0.56	0.98	0.98	0.03	0.24	0.54	1
LVdx	0.20	0.15	-	0.35	0.47	0.37	0.01	0.90	0.67	0.16	0.35	0.27	1
PACdx	0.27	0.34	0.99	-0.77	0.02	0.42	0.57	0.31	1.00	0.28	0.34	-0.13	1

Legenda: DCD = ditionito-citrato-bicarbonato; Oxa = oxalato de amônio; AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina; AMF = areia muito fina; SIL = silte; ARG = argila; GD = grau de dispersão; COT0 = carbono orgânico total no tempo zero; RP = resistência a penetração

As observações feitas anteriormente permitem inferir que a coesão do solo pode ser influenciada por diferentes atributos e que esta influência pode variar de

solo para soloa depender da quantidade e qualidade dos mesmos. Diferentes autores que estudaram a gênese de camadas coesas em solos originados de sedimentos terciários do grupo Barreiras associam a coesão à quantidade e qualidade da argila (MOREAU, 2001; LIMA, 2004; LIMA NETO, 2010), à presença maior ou menor de óxidos de ferro (MEIRELES & RIBEIRO, 1995; CORRÊA, 2008) e matéria orgânica (LIMA NETO, 2009) e ao empacotamento denso de diferentes frações do solo (UFV, 1984). Desta forma, pode-se concluir que a coesão do solo não está associada a um único fator, mas a combinação de fatores e elementos que associados provocam a densificação do solo.

Experimento 2: Ciclos de umedecimento e secagem em amostras deformadas (desagregadas).

Em geral, os solos dos perfis estudados à partir de amostras deformadas (desagregadas), não apresentam valores elevados de resistência a penetração, após a aplicação dos ciclos de umedecimento e secagem (Tabela 8). Os valores encontrados são considerados baixos, segundo critérios estabelecidos por Staff (1993).

Apesar dos baixos valores encontrados, percebeu-se aumento significativo nos valores de RP, após o terceiro ciclo de umedecimento e secagem, que pode ser explicado pelo ajuste natural das partículas dos solos, representado pelo aumento de densidade do solo observado, logo após a saturação do material e após a aplicação dos ciclos de umedecimento e secagem (Tabela 8).

Tabela 8: Valores de resistência do solo à penetração (RP) com umidade equivalente a -100 kPa em amostras deformadas, referentes as diferentes números de ciclos de umedecimento e secagem em diferentes camadas de solos de diferentes cores dos Tabuleiros Costeiros do Norte da Bahia.

CAMADAS	PROF. (cm)	CICLOS DE US				
		0	3	5	10	15
		PAdx				
ACIMA	1	0.12	0.17	0.22	0.28	0.39
	2	0.20	0.31	0.42	0.51	0.58
	3	0.29	0.40	0.51	0.65	0.72
	4	0.27	0.31	0.49	0.69	0.89
	5	0.30	0.45	0.63	0.88	1.15
**		0.23	0.40	0.51	0.53	0.68
COESA	1	0.23	0.36	0.37	0.44	0.63
	2	0.23	0.34	0.45	0.54	0.65
	3	0.39	0.50	0.57	0.67	0.77
	4	0.49	0.68	0.93	1.14	1.29
	5	0.26	0.38	0.57	0.77	1.04
**		0.41	0.44	0.58	0.91	0.60
ABAIXO	1	0.28	0.37	0.38	0.44	0.55
	2	0.26	0.41	0.50	0.56	0.60
	3	0.29	0.45	0.60	0.68	0.79
	4	0.26	0.41	0.63	0.88	1.17
	5	0.41	0.63	0.82	0.98	1.20
**		0.40	0.47	0.56	0.67	0.81
		PVAdx				
ACIMA	1	0.28	0.41	0.44	0.50	0.73
	2	0.38	0.64	0.81	0.92	1.05
	3	0.44	0.63	0.79	0.93	1.02
	4	0.42	0.66	0.85	1.07	1.29
	5	0.46	0.65	0.86	1.10	1.30
**		0.47 aB	0.76 aA	0.76 aA	0.86 aA	0.87 aA
COESA	1	0.29	0.49	0.53	0.57	0.68
	2	0.54	0.68	0.76	0.84	0.94
	3	0.43	0.65	0.80	0.88	0.94
	4	0.58	0.83	1.06	1.25	1.42
	5	0.18	0.43	0.58	0.71	0.88
**		0.51 aB	0.75 aB	0.74 aB	1.03 aA	0.56 bB
ABAIXO	1	0.13	0.23	0.29	0.33	0.44
	2	0.24	0.39	0.45	0.53	0.59
	3	0.36	0.48	0.58	0.69	0.83
	4	0.45	0.64	0.82	1.06	1.35
	5	0.38	0.62	0.84	1.10	1.36
**		0.28 aB	0.44 bB	0.59 aB	0.86 aA	0.86 aA

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha e indicam médias significativas pelo teste de Scott Knotta 5% de probabilidade; ** interação cicloXcamada. A análise estatística refere-se a cada perfil individualmente.

Tabela 8 - Continuação...

CAMADAS	PROF. (cm)	CICLOS DE US				
		0	3	5	10	15
		LVdx				
ACIMA	1	0.11	0.19	0.24	0.28	0.35
	2	0.30	0.43	0.53	0.61	0.68
	3	0.38	0.47	0.59	0.68	0.75
	4	0.51	0.89	1.12	1.34	1.64
	5	0.27	0.39	0.56	0.70	0.84
**		0.24 aC	0.51 aB	0.57 aB	1.10 aA	0.55 aB
COESA	1	0.24	0.34	0.37	0.44	0.55
	2	0.41	0.65	0.73	0.81	0.91
	3	0.38	0.56	0.72	0.83	0.92
	4	0.45	0.62	0.83	1.02	1.19
	5	0.26	0.52	0.71	0.80	0.93
**		0.39 aB	0.71 aA	0.68 aA	0.82 bA	0.64 aA
ABAIXO	1	0.21	0.32	0.41	0.49	0.56
	2	0.28	0.47	0.59	0.69	0.77
	3	0.32	0.49	0.64	0.75	0.85
	4	0.35	0.54	0.70	0.87	1.08
	5	0.33	0.58	0.68	0.77	0.90
**		0.40 aA	0.56 aA	0.61 aA	0.71 bA	0.65 aA
		PACdx				
ACIMA	1	0.23	0.31	0.39	0.48	0.62
	2	0.26	0.39	0.53	0.63	0.70
	3	0.38	0.52	0.68	0.85	0.97
	4	0.33	0.47	0.75	1.12	1.59
	5	0.39	0.54	0.73	0.98	1.14
**		0.41	0.50	0.68	0.85	0.76
COESA	1	0.24	0.40	0.50	0.58	0.63
	2	0.44	0.66	0.80	0.95	1.09
	3	0.32	0.47	0.64	0.77	0.91
	4	0.40	0.61	0.97	1.34	1.74
	5	0.26	0.29	0.39	0.55	0.65
**		0.47	0.79	0.62	1.01	0.43
ABAIXO	1	0.12	0.24	0.32	0.37	0.49
	2	0.27	0.46	0.59	0.67	0.79
	3	0.37	0.49	0.59	0.72	0.85
	4	0.30	0.42	0.66	1.03	1.56
	5	0.28	0.47	0.67	0.84	1.14
**		0.31	0.56	0.60	0.80	0.68

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha e indicam médias significativas pelo teste de Scott Knotta 5% de probabilidade; ** interação cicloXcamada. A análise estatística refere-se a cada perfil individualmente.

Desta forma, os dados apresentados na Tabela 9, mostra claramente, o efeito do empacotamento denso das partículas de argila no aumento significativo da densidade do solo, esse aumento, é percebido apenas coma saturação e retirada da água, equivalente a capacidade de campo.

Houve um aumento significativo da densidade do solo, não modificando a partir do 5 ciclo de US. Dessa forma, infere-se que as partículas do solo, em

especial, a argila e areia fina, se acomodaram ou se rearranjaram, de forma mais expressiva, nos primeiros ciclos aplicados.

Embora, os valores de densidades do solo visualizadas na tabela 9 não reflitam um processo de adensamento do solo, observa-se um aumento significativo de cerca de 8 a 21% na densidade do solo, apenas com a saturação do solo. Este aumento ainda fica mais expressivo com a submissão aos ciclos de umedecimento e secagem, chegando a 30 % no perfil P04.

Tabela 9: Valores de densidade do solo em amostras deformadas (desagregadas) em diferentes camadas, submetidas a diferentes ciclos de US.

CAMADAS	CICLOS DE US X DENSIDADE DO SOLO (kg.m-3)			
	0i	0	5	15
PAdx				
ACIMA	1.23 bD	1.45 bC	1.54 aB	1.57 aA
COESO	1.26 aD	1.47 aC	1.54 aA	1.50 bB
ABAIXO	1.27 aC	1.41 cA	1.39 bB	1.40 cB
PVAdx				
ACIMA	1.31 aD	1.51 aC	1.52 aB	1.54 aA
COESO	1.27 bD	1.36 bB	1.38 cA	1.35 cC
ABAIXO	1.14 cD	1.29 cC	1.46 bB	1.47 bA
LVdx				
ACIMA	1.20 bD	1.40 aC	1.43 aB	1.47 aA
COESO	1.21 bD	1.32 bC	1.41 bA	1.39 bB
ABAIXO	1.15 cC	1.31 cB	1.32 cB	1.37 cA
PACdx				
ACIMA	1.27 aD	1.51 aB	1.53 aA	1.49 aC
COESO	1.15 bD	1.39 bB	1.46 bA	1.35 cC
ABAIXO	1.11 cD	1.29 cC	1.43 cA	1.36 bB

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha e indicam médias significativas pelo teste de Scott Knotta 5% de probabilidade nos diferentes perfis. Legenda: 0i - ciclo zero sem saturação; 0 - ciclo zero após saturação; 5 - cinco ciclo de umedecimento e secagem e 15 - quinze ciclo de umedecimento e secagem.

Também pode ter concorrido para o aumento da densidade do solo, a perda da matéria orgânica, ao longo dos ciclos de umedecimento e secagem (tabela 10). A falta da matéria orgânica nos solos causa um efeito direto de aumento da densidade do solo, uma vez que este material apresenta naturalmente menores valores de densidade que os materiais minerais. Além disso, esta ausência concorre para um maior empacotamento das partículas minerais do solo devido à menor possibilidade de formação de agregados, em solos pobres em argila e em cargas, por se tratar de material, predominantemente, caulínico.

Tabela 10: Valores de COT. em diferentes camadas, após submissão do solo a diferentes ciclos de US.

CAMADAS	CICLOS DE US X COT (g.kg-1)		
	0	3	5
P01			
ACIMA	5.10	4.80	*
COESO	2.10	1.40	*
ABAIXO	1.50	*	*
P02			
ACIMA	4.50	3.90	*
COESO	2.80	*	*
ABAIXO	1.50	*	*
P03			
ACIMA	5.40	5.00	*
COESO	2.20	*	*
ABAIXO	1.60	*	*
P04			
ACIMA	4.30	4.10	*
COESO	3.00	1.80	*
ABAIXO	1.50	*	*

*Valores não detectados pelo método empregado.

Vieira (2013), também trabalhando com amostras desestruturadas, observou que os maiores valores de resistência a penetração foram encontrados quando submetidos ao 9º ciclo de umedecimento e secagem e que o 3º e o 6º ciclo não apresentaram diferença significativa, porém, a mesma trabalhou com umidade equivalente a tensão de -600 kPa, tensão muito acima da utilizada no presente estudo (-100 kPa) e recomendada por Souza (2003) para avaliação da resistência à penetração em solos coesos.

Apesar dos baixos valores de RP encontrados em todos os solos, em profundidade nos cilindros, é possível observar o aumento da resistência a penetração, para todos os solos e camadas, à partir do 10 ciclo, com valores variando entre 1,08 e 1,74 Mpa. Estes valores, segundo Souza *et al.* (2003), pode representar baixa coesão e ao mesmo tempo indicar a tendência dos solos avaliadossem formar camadas coesas, devido, principalmente à eluviação de argila (Tabela 11) e aos efeitos de ciclos de umedecimento e secagem. A variação nos valores de RP em diferentes profundidades nos cilindros pode ser explicada pela desuniformidade no processo de iluviação e perda de argila no sistema.

A perda de argila pode explicar em parte a variação dos valores de resistência a penetração registrados, principalmente os materiais mais finos, especialmente a argila muito fina (menores que 0,2 µm), as mesmas atuariam

como pontes entre as partículas de areia, contribuindo assim para o aumento da RP do solo quando seco (MULLINS, 1997) e, conseqüente o aparecimento do caráter coeso (CORRÊA *et al.*, 2008).

Contudo, a argila dispersa em água pode estar impedindo a formação de pontes de argilas que ligam os grãos maiores, conforme Vieira (2013), que encontrou diferença significativa apenas após a aplicação do 9º ciclo, entretanto, com cerca de 26% de perda de argila (Tabela 11) no 5º ciclo, contra apenas 6% no 3º ciclo. É notório a importância de tal parâmetro para o aumento significativo da resistência a penetração.

Nos solos estudados, observa-se elevado grau de dispersão em todos os solos nas camadas acima e coeso. O elevado grau de dispersão de argila associado a predominância das frações menores na areia total, é sugerido por Souza (1996) como principal causa do adensamento observado nos solos coesos quando secos ou com baixa umidade. Segundo Lima (2004), a variação nos ciclos de umedecimento e secagem, podem atuar continuamente sobre tais frações, proporcionando a coesão e conseqüente adensamento das partículas quando o solo está em baixa umidade.

Vieira (2012), diz que existe uma correlação positiva entre o teor de argila e a resistência a penetração do solo em amostras que foram extraídas o material amorfo. A autora ainda afirma que solos com caráter coeso, que passaram por processos de destorroamento apresentaram alta resistência a penetração após três ciclos de umedecimento e secagem e que a maior expressão do caráter coeso nos Argissolos Acinzentados, situados na posição mais baixa da paisagem, pode indicar que esta localização favorece a intensificação do caráter coeso, pois, o aporte dos fluxos hídricos laterais e a concentração de soluções são favorecidas nessa condição, o que não corrobora com os dados encontrados no experimento presente.

Tabela 11: Teores de argila em dois setores dos cilindros calculados após os diferentes ciclos de umedecimento e secagem.

Camadas	Posição Cilindro	Argila (g.kg ⁻¹)			
		PAdx	PVAdx	LVdx	PACdx
REFERÊNCIA					
ACIMA		106	140	167	142
COESO		162	251	282	204
ABAIXO		219	239	287	246
3º Ciclo					
ACIMA	sup	101	176	146	120
	inf	101	162	172	154
COESO	sup	153	230	264	215
	inf	165	246	213	226
ABAIXO	sup	189	221	297	226
	inf	228	239	236	243
5º Ciclo					
ACIMA	sup	93	151	135	149
	inf	111	141	159	131
COESO	sup	145	240	260	177
	inf	151	242	293	193
ABAIXO	sup	186	244	140	235
	inf	209	237	166	240
10º Ciclo					
ACIMA	sup	66	123	-	90
	inf	83	90	196	94
COESO	sup	111	205	236	164
	inf	120	217	209	138
ABAIXO	sup	174	184	129	214
	inf	161	177	120	186
15º Ciclo					
ACIMA	sup	87	135	153	124
	inf	81	137	153	115
COESO	sup	110	208	243	-
	inf	119	206	-	-
ABAIXO	sup	178	177	131	213
	inf	187	213	129	216

Legenda: inf:inferior; sup:superior

É provável que os maiores valores de RP após o 3 ciclo e não após a aplicação dos demais ciclos, seja pela maior perda de argila ocorrida com o aumento dos ciclos (Tabela 11), neste caso, sucessivos ciclos de umedecimento e secagem, acompanhado do alto grau de dispersão das camadas acima e coesa, favoreceu a eluviação das argilas.

Segundo Achá-Panoso (1976) apud por Ker (1998), as camadas endurecidas observadas em Latossolos Amarelos dos Tabuleiros Costeiros, devem-se ao entulhamento de partículas (argilas) oriunda dos horizontes superiores, as quais preencheriam os macro e microporos, aumentando a densidade do solo, tornando essa camada muito coesa e compacta. Esse comportamento pode ser observado nas Tabela 9 e Tabela 11, pois, visivelmente,

percebe-se o aumento da densidade do solo após sucessivos ciclos de umedecimento e secagem, bem como, uma migração da argila dentro do cilindro, evidenciando o processo de perda de material fino, assim como, o aumento gradual da resistência a penetração, tanto em profundidade no cilindro, quanto após a submissão aos ciclos de umedecimento e secagem.

Possivelmente, os baixos valores de resistência a penetração dos solos obtidos à partir de amostras desagregadas podem estar relacionados com o teor de umidade e a perda de argila do sistema, autores como Vieira (2012; 2013) encontrou altos teores de resistência a penetração por trabalhar com menores teores de umidade.

CONCLUSÕES

Após os ciclos de umedecimento e secagem, camadas não coesas, apresentam resistência à penetração iguais ou próximas a coesão e camadas coesas apresentaram aumentos significativos nos valores de resistência à penetração, em todos os solos estudados, indicando que este fenômeno tem efeito decisivo na formação de camadas coesas.

A coesão está associada a diferentes atributos mineralógicos, físicos e químicos do solo e a influência destes na coesão podem variar de solo para solo a depender da qualidade e quantidade dos seus constituintes.

Para todos os solos estudados, amostras deformadas, obtidas em diferentes camadas, submetidas a ciclos de umedecimento e secagem, não apresentam coesão por perda pronunciada de argila.

REFERÊNCIAS

ACHÁ-PANOSO, L. **Latossolo Vermelho-Amarelo de “Tabuleiro” do Espírito Santo: formação, características e classificação.** Recife, PE: UFRPE, 1976. 116p. (Tese de Livre Docência) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1976.

ALUKO, O.B. & KOOLEN, A.J. The essential mechanics of capillary crumbling of structured agricultural soils. **Soil Till. Res.**, 55:117-126, 2000.

ATTOU, F; BRUAND, A. Experimental study of fragipans formation in soils. Role of Clay dispersion and wetting-drying cycles. **Earth Planet.Sci.**, v.326; p. 545-552, 1998.

CHARTRES, C.J.; KIRBY, J.M. & RAUPACH, M. Poorly ordered silica and aluminosilicates as temporary cementing agents in hardsetting soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 54:1060-1067, 1990.

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. **Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil: uma análise dos efeitos do regime hídrico e da presença de camada coesas nos solos.** Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, n. 02, p. 77-80, 1997.

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. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:297-313, 2008.

Dourado Neto, D.; Nielsen, D. R.; Hopmans, J. W.; Reichardt, K.; Bacchi, O. O. S.; Lopes, P. P. **Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo van Genuchten. Soil water retention curve, SWRC** (version 3,00 beta). Piracicaba: USP, 2001.

DUCAN, M.M.; FRANZMEIER, D.P. Role of free silicon, aluminum, and iron in fragipan formation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 923- 929, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:507-514, 1999.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:507-514, 1999.

FRANZMEIER, D. P., NORTON, L. D., STEINHARDT, G. C. Fragipãs Formation in Loess of the Midwestern United States. In: SMECK N. E. e CIOLKOSZ, E. J. Fragipãs: Their occurrence, Classification, and Genesis. **Wisconsin**, USA. SSSA, 1989.p. 69-97.

FRANZMEIER, D.P.; CHARTRES, C.J. ; WOOD, J.T. Hardsetting soils in Southeast Australia: Landscape and profile processes. **Soil Science Society of American Journal**,v.60, p.1178-1187, 1996.

GIAROLA N.F.B.; LIMA, H.V.; ROMERO, R.E.; BRINATTI, A.M.; SILVA, A.P. Mineralogia e cristalografia da fração argila de horizontes coesos de solos nos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.33-40, 2009.

GIAROLA, N.F.B. & SILVA, A.P. Conceitos sobre coesos e hardsetting. **Sci. Agric.**, 59:613-620, 2002.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; TORMESA, C.; SOUZA, L.S.; RIBEIRO, L.P. Similaridade entre o caráter coeso dos solos e o comportamento hardsetting: estudo de caso. **Revista Brasileira de Ciência 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, Cruz das Almas, 1996. **Anais**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1996. p.13-24.

JANTSCH, R.L. **Estado de agregação de materiais de Latossolos submetidos a calagem em diferentes condições de temperatura e umidade relativa**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 78p. (Tese de Mestrado)

KER, J.C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, 5:17-40, 1998.

LAMOTTE, M.; BRAUND, A.; HUMBEL, F.X.; HERBILLON, A.J. & RIEU, M. A hard sandy-loam soil from semi-arid northern Cameroon: Fabric of the groundmass. **Eur. J. Soil Sci.**, 48:213-225, 1997

LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.

LIMA NETO, J. A.; RIBEIRO, M.R, CORRÊA, M.M.; SOUZA-JUNIOR, V.S.; ARAÚJO FILHO, J.C.; 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 Ciência do Solo**, v. 34, n. 02, p. 473-486, 2010.

LIMA, H. V.; SILVA, A.P.; JACOMINE, P.T.K.; ROMERO, R.E. Identificação e caracterização de solos coesos no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 03, p. 467-476, 2004.

MAURI, J.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; KER, J. C.; REZENDE, L. R. M. Dispersantes químicos na análise granulométrica de Latossolos. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:1277-1284, 2011.

McBURNETT, S.L; FRANZMEIER, D.P. Pedogenesis and cementation in calcareous till in Indiana. **Soil Science Society of America Journal**. V.61, p. 1098-1104, 1997.

MEIRELES, M.C.S. & RIBEIRO, L.P. Caracterização da sílica em horizontes coesos de solos de tabuleiros. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.1688-1689.

MULLINS, C.E.; YOUNG, I.M.; BENGHOUGH, A.G.; LEY, G.J. Hard-setting soils **Soil Use and Management**, v.3, p.79-83, 1987.

MULLINS, CE coesos. **In: LAL, R .; BLUM, WH; VALENTINE, C .; STEWART, BA (Ed.) Métodos para quantificar a degradação do solo. Os avanços da ciência do solo . New York: CRC Press, 1997. p.109-128.**

OLIVEIRA, L.C.A. **Comportamento de colóides e microagregados em colunas de materiais de dois Latossolos submetidos a sucessivos ciclos de umedecimento e secagem**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 63p. (Tese de Mestrado)

OLIVEIRA, T.S. **Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre propriedades físicas e químicas de quatro Latossolos brasileiros.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1992. 102p. (Tese de Mestrado)

RAIJ, B.van & PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of tropics. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 36:587-598, 1972.

RIBEIRO, L.P. **Sílica em horizontes coesos de solos da Bahia.** Universitas, n.38, p.59-80, 1986.

SANTOS, C.S.V. **Formação de camadas superficiais adensadas em solo argiloso em resposta a flutuações de umidade.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 70p. (Tese de Doutorado)

Silva, M. S. L.; Ribeiro, M. R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiros do Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.3, p.397-402, 1992.

SINGER, M.J.; SOUTHARD, R.J.; WARRINGTON, D.J. & JANITZKY, P. Stability of synthetic sand clay aggregates after wetting and drying cycles. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 56:1843-1848, 1992.

SINGER, M.J.; SOUTHARD, R.J.; WARRINGTON, D.J. & JANITZKY, P. Stability of synthetic sand clay aggregates after wetting and drying cycles. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 56:1843-1848, 1992.

SOUZA, L. da S.; CALDAS, R. C.; SOUZA, L. D. Classes de coesão para solos de Tabuleiros Costeiros. **In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 29., 2003, Ribeirão Preto. Trabalhos apresentados... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.

SOUZA, L.S. **Aspectos sobre o uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.22, n.1, p.34-39, 1997.

SOUZA, L.S. Uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. **Anais**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1996. p.36-75

SOUZA, L.S. Uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. **Anais**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1996. p.36-75

TORMENA, C. A.; FRIEDRICH.R.; PINTRO, J.C.; COSTA, A.C.S; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.6, p.1023-1031, 2004.

TORMENA, C.A.; ARAUJO, M.A.; FIDALSKI, J. & COSTA, J.M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:211-219,2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos Tabuleiros Costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, UFV, 153p. 1984.

USDA. Soil survey manual. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 1993.437p. (**Handbook**,18)

VIANA ,J. H. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R. , Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na reorganização da estrutura microgranular de latossolos, Rev. **Bras. Ciênc. Solo** vol.28 no.1 Viçosa Jan./Feb. 2004

VIEIRA, J. M. **Contribuição de compostos de baixa cristalinidade e ciclos de umedecimento e secagem na gênese do caráter coeso em solos do ceará.** 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

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. **Rev. Cienc. Agron.**, 43:632, 2012,

,

APÊNDICE 1

Descrições morfológicas dos perfis estudados

PERFIL P01

DATA – 06/05/2010

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR - ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico, textura média/arenosa, A moderado, fase Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas, relevo plano.

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso latossólico, textura média/arenosa, A moderado, fase Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E COORDENADAS – Fazenda Salgado, Inhambupe, Bahia, latitude 11051'58"S e longitude 38022'56"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Ombreira, menos de 3% de declividade, sob Floresta de Eucalipto.

ALTITUDE – 232 metros.

LITOLOGIA – Sedimentos areno-argilosos.

GEOLOGIA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Tércio-quadernário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto de alteração de sedimentos areno-lamosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

EROSÃO – Moderada.

DRENAGEM – acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas.

USO ATUAL - Floresta de Eucalipto.

CLIMA – Koppen - Am; Thornthwaite e Mather - C1dA'a' (subúmido a seco).

DESCRITO e COLETADO POR – Fábio Carvalho Nunes e Gileno Moreira.

Ap1 0-6cm, rosado (7,5YR 7/4, úmido); arenosa; grãos simples, fraca pequena blocos subangulares e forte pequena grumosa; solta e macia, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

A2 6-25cm, rosado (7,5YR 7/4, úmido); arenosa; fraca pequena blocos subangulares e grãos simples; macia e solta, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

A3 25-49cm, bruno-claro (7,5YR 6/4, úmido); franco-arenosa; maciça porosa e moderadamente coesa; ligeiramente dura, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

AB 49-70cm, amarelo-avermelhado (7,5YR 7/6, úmido); franco-arenosa; moderadamente coesa; ligeiramente dura, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e gradual.

Bt1 70-105cm, amarelo-avermelhado (7,5YR 7/8, úmido); franco-argiloarenosa; maciça, moderadamente coesa; ligeiramente dura, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e gradual.

Bt2 105-145cm, amarelo-avermelhado (7,5YR 7/8, úmido); franco-argiloarenosa; maciça porosa e fraca, pequena, blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica, não pegajosa; transição plana e difusa.

Bw1 145-197cm, amarelo-avermelhado (7,5YR 7/8, úmido); franco-argiloarenosa; forte pequena granular e fraca pequena blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica, não pegajosa; transição plana e difusa.

Bw2 197-210cm+, amarelo-avermelhado (7,5YR 7/8, úmido); franco-argiloarenosa; forte pequena granular; macia, friável, ligeiramente plástica, não pegajosa.

PERFIL P02

DATA – 18/10/2013

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR –

CLASSIFICAÇÃO ATUAL

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E COORDENADAS – Fazenda Salgado, Inhambupe, Bahia, latitude 11°51'55"S e longitude 38°22'42"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topo do relevo, menos de 1% de declividade, sob Floresta de Eucalipto.

ALTITUDE – 229 metros.

LITOLOGIA – Sedimentos areno-argilosos.

GEOLOGIA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Tércio-quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto de alteração de sedimentos areno-lamosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas.

USO ATUAL - Floresta de Eucalipto.

CLIMA – Koppen - Am; Thornthwaite e Mather - C1dA'a' (subúmido a seco).

DESCRITO e COLETADO POR – Oldair Del'Arco Vinhas Costas e Ronaldo Pedreira dos Santos.

A1 0-9cm, cinzento-avermelhado (5YR 5/2, úmido), transição plana e difusa, grãos simples e blocos sub-angulares, médios e grandes, fraco, macia (seco); muito friável (úmido) não plástico e não pegajoso, textura arenosa.

A2 9-18cm, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido), bruno-forte (7,5YR 5/6, seco), transição plana e difusa, blocos sub-angulares fraco, médio, maciço, porosa, duro (seco), friável (úmido), não plástico e não pegajoso, textura média.

A3 18-32cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmida), transição plana e difusa, blocos sub-angulares fraco, médio e grande, maciço, porosa, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, textura média.

AB 32-47cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmida), transição plana e gradual, maciço, porosa, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, textura média.

BA 47-78cm, vermelho (2,5YR 5/8), transição plana e difusa, maciço, porosa, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, textura média.

Bt1 78-128cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8), transição plana e difusa, blocos sub-angulares, grandes, fraco, maciço porosa, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, textura argilosa.

Bt2 128-190cm+, vermelho-amarelado (5YR 5/8), blocos sub-angulares, grandes, fraco, maciço, porosa, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, textura argilosa.

OBS: a coesão parece chegar até os primeiros 20cm do horizonte B1, Na base do horizonte B2 há um balsão mais avermelhado (2,5YR 4/8), presença de uma

lâmina fina de +/- 2,0mm de concreção de ferro na massa do solo, em volta do material o solo é amarelo.

PERFIL P03

DATA – 19/06/2010

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, texturamédia, A moderado, fase Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas, relevo plano.

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média, A moderado, fase Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E COORDENADAS – Fazenda Salgado, Inhambupe, Bahia, latitude 11°51'55"S e longitude 38°22'42"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topo do relevo,

menos de 1% de declividade, sob Floresta de Eucalipto.

ALTITUDE – 226 metros.

LITOLOGIA – Sedimentos areno-argilosos.

GEOLOGIA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Tércio-quadernário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto de alteração de sedimentos areno-lamosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas.

USO ATUAL - Floresta de Eucalipto.

CLIMA – Koppen - Am; Thornthwaite e Mather - C1dA'a' (subúmido a seco).

DESCRITO e COLETADO POR – Fábio Carvalho Nunes e Gileno Moreira.

Ap1 0-10cm, vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco-arenosa; grãos simples, ligeiramente compactado que se quebra em fraca pequena blocos subangulares e

forte pequenagrumosa; solta e ligeiramente dura, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

A2 10-27cm, vermelho (2,5YR 4/8, úmido); franco-argiloarenosa; grãos simples, ligeiramente compactado que se quebra em fraca a moderada pequena blocos subangulares; solta e ligeiramente dura, friável, não plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

A3 10-55cm, vermelho (2,5YR 4/8, úmido); franco-argiloarenosa; ligeiramente compactado que se quebra em moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

AB 55-87cm, vermelho (2,5YR 4/8, úmido); franco-argiloarenosa; maciça porosa e moderadamente coesa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA1 87-123cm, vermelho (2,5YR 5/8, úmido); franco-argiloarenosa; maciça, moderadamente coesa; dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA2 123-160cm, vermelho (2,5YR 5/8, úmido); franco-argiloarenosa; moderadamente coesa e maciça porosa; dura e macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Bw1 160-215cm, vermelho (2,5YR 5/8, úmido); franco-argiloarenosa; maciça porosa e forte pequena granular; macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Bw2 215-300cm+, vermelho (2,5YR 5/8, úmido); franco-argiloarenosa; forte pequena granular; macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.

PERFIL P04

DATA – 18/10/2013

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR –

CLASSIFICAÇÃO ATUAL

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO E COORDENADAS – Fazenda Salgado, Inhambupe, Bahia, latitude 11°51'55"S e longitude 38°22'42"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topo do relevo, menos de 1% de declividade, sob Floresta de Eucalipto.

ALTITUDE – 214 metros.

LITOLOGIA – Sedimentos areno-argilosos.

GEOLOGIA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Tércio-quadernário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto de alteração de sedimentos areno-lamosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas.

USO ATUAL - Floresta de Eucalipto.

CLIMA – Koppen - Am; Thornthwaite e Mather - C1dA'a' (subúmido a seco).

DESCRITO e COLETADO POR – Oldair Del'Arco Vinhas Costas e Ronaldo Pedreira dos Santos.

A1 0-17cm, cinzento (10YR 5/1, úmido), cinzento escuro (10YR 4/1, variegado), transição plana e difusa, grãos simples, blocos sub-angulares, médios e grandes, fraco, muito friável, não plástico e não pegajoso, textura arenosa.

A2 17-39cm, cinzento-avermelhado-escuro (2,5YR 4/1, úmido), transição plana e difusa, grãos simples, blocos sub-angulares, médios e grandes, fraco, muito friável, não plástico e não pegajoso, textura arenosa. 10% argila, 5% silte e 85% areia

AB 39-64cm, cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, úmido), transição plana e difusa, grãos simples, blocos sub-angulares, médios e grandes, fraco, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, textura arenosa - 20% argila, 5% silte e 75 areia.

BA 64-123cm, cinzento (10YR 5/1, úmido), transição plana e gradual, maciço porosa, blocos sub-angulares grandes, fraco, friável e firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, 35% argila, 10% silte e 55 areia.

Bt1 123-179cm, bruno-avermelhado-claro (2,5YR 7/3, úmido), transição plana, maciço porosa, blocos sub-angulares grandes, fraco, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, textura arenosa - 40% argila, 10% silte e 50 areia.

Bt2 179-200+, rosado (2,5YR 8/3, úmido), mosqueamento comum, irregular e proeminente (7,5YR 4/6) - bruno-forte, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, textura arenosa - 40% argila, 5% silte e 75 areia.

OBS: A coesão parece estar a partir do BA até os primeiros 35 cm do Bt1.

APÊNDICE 2

Curvas de Retenção de Água no Solo

