

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

**COMPACTABILIDADE EM SOLOS ARENOSOS
EMPREGANDO ENSAIO DE PROCTOR E CENTRIFUGAÇÃO
COM ÁGUA, MANIPUEIRA E FOSFATO**

RAISSA HOMEM GONÇALVES

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
ABRIL - 2021**

COMPACTABILIDADE EM SOLOS ARENOSOS EMPREGANDO ENSAIO DE PROCTOR E CENTRIFUGAÇÃO COM ÁGUA, MANIPUEIRA E FOSFATO

RAISSA HOMEM GONÇALVES

Engenheira Florestal

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2021

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

Orientador: Dr. José Maria de Lima

Coorientador: Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
ABRIL – 2021**

FICHA CATALOGRÁFICA

G635c	<p>Gonçalves, Raissa Homem. Compactabilidade em solos arenosos empregando ensaio de proctor e centrifugação com água, manipueira e fosfato / Raissa Homem Gonçalves._ Cruz das Almas, Bahia, 2021. 49f.</p> <p>Orientador: José Maria de Lima. Coorientador: Júlio César Azevedo Nóbrega.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas.</p> <p>1.Ciência do solo – Compactação dos solos. 2.Solos – Manejo. 3.Fosfato – Manipueira – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 631.4</p>
-------	---

Ficha elaborada pela Biblioteca Central de Cruz das Almas - UFRB.

Responsável pela Elaboração - Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).(os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSISTEMAS**

**COMPACTABILIDADE EM SOLOS ARENOSOS EMPREGANDO
ENSAIO DE PROCTOR E CENTRIFUGAÇÃO COM ÁGUA,
MANIPUEIRA E FOSFATO**

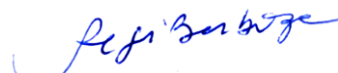
COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE RAISSA
HOMEM GONÇALVES



Prof. Dr. José Maria de Lima (Orientador)
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Prof. Dr. Ayodéle Ebenezer Ajayi
Federal University of Technology, Akure, Nigéria



Prof. Dr. Reginaldo Barboza da Silva
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas em _____, conferindo o Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas em _____.

Aos meus pais Elder e Maria da Conceição pelo apoio, confiança e incentivo diário. Aos meus irmãos pelo exemplo profissional e por todos os momentos compartilhados.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me fortalecido todos os dias, por ser lâmpada para os meus pés e luz para o meu caminho, me permitindo chegar até aqui.

À minha família, por todo apoio emocional e financeiro até hoje, por sempre acreditarem em mim e me incentivarem a voar alto, seja onde for.

Ao André, meu parceiro de vida, pela colaboração no trabalho pesado do mestrado e por ser calma nos dias difíceis.

Ao professor e orientador José Maria de Lima pela orientação, mesmo com tantas dificuldades, por me incentivar a pensar além e por tamanha paciência.

Ao professor e coorientador Júlio César Azevedo Nóbrega pela orientação, por ser um profissional exemplar e incentivador de seus alunos.

Ao colega Davi, por também ser orientador em grande parte do tempo, por ter me auxiliado sem medir esforços e por todas as conversas leves no laboratório. Muito do que sei da Física do Solo devo a você!

À professora Paula Ângela, por ter cedido seu laboratório e por ser sempre presente com palavras de incentivo desde a graduação.

Ao professor Oldair Vinhas, por compartilhar seus conhecimentos e pesquisas e, por todo auxílio.

Aos colegas de mestrado Karolina, Laiana, Lucas Alves e Lucas Amorim pela amizade, companherismo e auxílio durante o mestrado.

Às amigas da vida por não me deixar desanimar e por serem presentes nos momentos de folga.

Ao Sr. Ailton por todo o apoio laboratorial durante o mestrado e por sempre me receber bem.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, seus docentes e colaboradores pelo acolhimento, ensinamento diário e serviços prestados.

A todos que estiveram comigo até aqui e que contribuíram de alguma forma nessa jornada.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
RESUMO	10
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	17
Localização e caracterização dos solos estudados	17
Organização experimental, amostragem e atributos avaliados	18
Ensaio de Proctor	22
Ensaio de Centrifugação	22
Análise Estatística	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
Parâmetros físicos e químicos nos solos incubados com manipueira e fosfato	24
Ensaio de Proctor Normal e comparação com centrifugação	29
Ensaio alternativo de compactabilidade por centrifugação	36
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	40
ANEXO	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva de compressão do solo. Adaptado de Dias Júnior e Pierce (1994)	16
Figura 2: Material utilizado para centrifugação das amostras. A: Cilindros de aço inox; B: Êmbolos de aço inox; C: Suportes especialmente fabricados para os cilindros	22
Figura 3: Caracterização textural e grau de floculação de um Argissolo acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia	25
Figura 4: Diâmetro médio ponderado de um Argissolo acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia	27
Figura 5: Atributos químicos de um Argissolo acinzentado e Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia	28
Figura 6: Curvas de compactação do ensaio de Proctor de um Argissolo Acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia	32
Figura 7: Densidade do solo em função da tensão de um Argissolo acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia	34
Figura 8: Volume total de poros em função da tensão de um Argissolo acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia	35
Figura 9: Comparação entre resultados obtidos por meio de modelos matemáticos com aqueles obtidos pelo método alternativo de centrifugação em um Argissolo Acinzentado e um Latossolo Amarelo distrocoeso dos Tabuleiros Costeiros da Bahia	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização química da manipueira de coloração branca e de coloração amarela, obtidas no Laboratório de Agroindústria da Embrapa Amazônia Oriental, e da manipueira misturada obtida em casa de farinha no município de Igarapé – Açu	19
Tabela 2: Resumo da análise de variância dos atributos avaliados em um Argissolo Acinzentado e um Latossolo Amarelo distrocoeso, ambos enquadrados como areia franca e franco arenoso, nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m, localizados nos Tabuleiros Costeiros da Bahia	24
Tabela 3: Resumo da análise de variância dos atributos avaliados em um Argissolo Acinzentado e um Latossolo Amarelo distrocoeso dos Tabuleiros Costeiros da Bahia, nas camadas 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m incubadas com manipueira (M), fosfato (P) e água destilada (AD)	30
Tabela 4: Umidade máxima de compactação e densidade máxima no ensaio de Proctor, avaliadas em um Argissolo Acinzentado e Latossolo Amarelo distrocoeso do Recôncavo da Bahia, para amostras das camadas 0 a 0,20 e 0,20 a 0,4 m incubadas com manipueira (M), fosfato (P) e água destilada (AD)	30

COMPACTABILIDADE EM SOLOS ARENOSOS EMPREGANDO ENSAIO DE PROCTOR E CENTRIFUGAÇÃO COM ÁGUA, MANIPUEIRA E FOSFATO

Autora: Raissa Homem Gonçalves

Orientador: Prof. Dr. José Maria de Lima

Coorientador: Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

RESUMO

Na agricultura, a compactação do solo é uma das causas da degradação do solo, pois aumenta a resistência ao desenvolvimento radicular, reduzindo o desenvolvimento das plantas. Por outro lado, para a engenharia civil a compactação do solo é desejável. Em ambos os casos, o teor de umidade do solo influencia no grau de compactação. Compostos orgânicos e químicos, tais como manipueira e fosfato, assim como o teor de água, podem facilitar ou dificultar o processo, por alterar atributos do solo relacionados à compactação do solo. Para mensurar a compactabilidade dos solos, alguns métodos são consagrados na literatura, entre eles, o ensaio de Proctor e o ensaio de compressão uniaxial. Ambos são complexos e podem não estar disponíveis em muitos laboratórios. Portanto, ensaios alternativos para determinação de forma direta, simples e eficiente podem, muitas vezes, substituir esses ensaios mais complexos. Neste estudo, a centrifugação foi testada como alternativa de ensaio. Neste estudo, objetivou-se avaliar os efeitos da manipueira e fosfato, relativamente à água destilada, sobre atributos do solo, como estabilidade de agregados e densidade do solo e avaliar a influência dessas substâncias nos resultados de umidade ótima e densidade máxima de compactação empregando ensaio de Proctor Normal, método padrão empregado na engenharia, e avaliar a viabilidade do uso da centrifugação para a estimativa da pressão de pré-consolidação em solos arenosos do Recôncavo da Bahia, na presença dessas substâncias. Amostras de Argissolo Acinzentado e Latossolo Amarelo distrocoeso, das profundidades de 0 a 0,20 m e de 0,20 a 0,40 m, foram usadas no estudo. A densidade máxima e umidade ótima de compactação foram mensuradas através do ensaio de Proctor Normal. A pressão de pré-consolidação foi estimada a partir de modelos matemáticos para solos arenosos

e empregando-se a centrifugação, com variação da força G e pressão nas amostras. Manipueira e fosfato influenciaram a granulometria, argila dispersa em água, estabilidade de agregados, pH em água, os índices ΔpH , grau de floculação e carbono orgânico. Os teores de areia, argila e carbono orgânico, por sua vez, influenciaram na compactabilidade dos solos. O teor de umidade ótima e densidade máxima no ensaio de Proctor não foram influenciadas pelos tratamentos. A metodologia de centrifugação do solo, embora tenha mostrado resultados de densidade menores do que aqueles do ensaio de Proctor, permitiu uma razoável estimativa da pressão de pré-consolidação dos solos e condições estudados.

Palavras- Chave: Pressão de pré-consolidação, densidade do solo, teor de umidade, força centrífuga G.

COMPACTABILITY IN SANDY SOILS USING PROCTOR AND CENTRIFUGATION TEST WITH WATER, CASSAVA BYPRODUCT AND PHOSPHATE

Author: Raissa Homem Gonçalves

Adviser: Prof. Dr. José Maria de Lima

Co-adviser: Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

ABSTRACT

In agriculture, soil compaction is one of the causes of soil degradation, as it increases resistance to root development, reducing plant development. On the other hand, for civil engineering soil compaction is a needed effect. In both cases, the soil moisture content influences the degree of compaction. Organic and chemical compounds, such as cassava byproduct and phosphate, as well as the water content, can affect the process by changing soil attributes related to soil compaction. To measure the compactness of soils, some methods are established in the literature, including the Proctor's test and the uniaxial compression test. Both are complex and may not be available in many labs. Therefore, alternative tests for direct, simple and efficient determination of compactability can often replace these more complex essays. In this study, centrifugation was used as an alternative essay. The aim of this study was to evaluate the effects of cassava byproduct and phosphate, related to distilled water, on soil attributes, such as aggregate stability and soil density, and the influence of these substances on the results of optimal moisture content and maximum soil density for soil compaction using the Normal Proctor's test, a standard method used in engineering, and to evaluate the possibility of using centrifugation to estimate the pre-consolidation pressure in sandy soils of Recôncavo da Bahia, in the presence of these substances. Samples of gray Ultisol and dystrocohesive Yellow Latosol, from 0 to 0.20 m and from 0.20 to 0.40 m, were used in the study. The maximum density and optimum compaction moisture were measured using the Normal Proctor's test. Pre-consolidation pressure was estimated from mathematical models and using centrifugation, with increasing G-force and pressure over the samples. Cassava byproduct and

phosphate affected particle size distribution, water dispersible clay, aggregate stability, water pH, Δ pH indexes, degree of flocculation and organic carbon. The sand, clay and organic carbon contents, by their turn, influenced the soil compactability. Optimal moisture and maximum density in the Proctor's test were not affected by the treatments. The soil centrifugation methodology, although showing density results lower than those of the Proctor's test, was possible to be used in estimating the pre-consolidation pressure of the studied soils and conditions.

Keywords: Pre-consolidation pressure, soil density, moisture content, centrifugal g-force.

INTRODUÇÃO

O manejo agrícola é um dos principais fatores que afeta os processos e funções do solo (ANJA-K et al., 2020). Em muitos casos, a constante busca pelo aumento da produtividade e rentabilidade das culturas, estimula o manejo inadequado do solo, seja pelo uso intensivo de máquinas, ou através do excesso de aplicações e quantidades de fertilizantes agrícolas, sejam eles de natureza orgânica ou química.

Resíduos da agroindústria têm sido empregados como fontes de nutrientes e oportunidade de descarte no solo (SANTOS et al., 2020). Dentre esses resíduos, pode-se destacar a manipueira, principalmente em regiões de elevada produção de farinhas oriundas do processamento da mandioca, como o Recôncavo da Bahia (KUCZMAN et al., 2017; SOUZA et al., 2019). Trata-se de um resíduo que contém alta concentração de compostos orgânicos, suspensão de partículas de amido, glicose e outros açúcares, proteínas, glicosídeos cianogênicos e, elementos como nitrogênio, fósforo e potássio. A aplicação desse resíduo em grandes quantidades pode causar contaminação e alterações nos atributos do solo, como densidade e umidade, de forma ainda pouco conhecida (SUMAN et al., 2011; CONCEIÇÃO et al., 2013; FERREIRA et al., 2020).

Substâncias como o fosfato também favorecem o aumento da densidade dos solos, em razão de seu efeito químico que promove a dispersão de partículas (LIMA et al., 2000; SILVA et al., 2001; JULIÃO et al., 2011), quando adsorvido à superfície de partículas positivamente carregadas, como os óxidos de ferro. Portanto, o fosfato foi empregado neste estudo para efeito de comparação, por ser uma solução com potencial efeito dispersante ou flocculante, dependendo do balanço de cargas das partículas do solo (LIMA et al., 2000), mas que não contém partículas sólidas em suspensão, como é o caso da manipueira.

Na agricultura, em razão do aumento da densidade e, conseqüentemente, da resistência mecânica dos solos, a compactação contribui para o processo de degradação dos solos, comprometendo a qualidade do solo por inibir o desenvolvimento radicular das culturas, diminuir a porosidade e a estabilidade

dos agregados do solo, reduzir a disponibilidade de nutrientes e a produção agrícola (SHAH et al., 2017; RABOT et al., 2018). Por outro lado, para a engenharia civil, a compactação do solo é um efeito desejável, visto que aumenta a resistência mecânica do solo em estradas e outras obras de engenharia, aumentando a capacidade de suporte de carga para essas estruturas civis (AJAYI et al., 2009).

Pesquisas acerca da compactação de solos têm demonstrado que solos distintos apresentam comportamentos diferentes quando submetidos a elevados níveis de cargas (AJAYI et al., 2009; ANDRADE et al., 2017; DIAS JUNIOR et al., 2017; MARTINS et al., 2018; KAMIMURA et al., 2020), sendo de suma importância o seu estudo para aspectos relacionados ao manejo dos solos na agricultura, ou à mecânica dos solos, na Engenharia Civil.

Diversas metodologias têm sido utilizadas na determinação das condições ótimas de compactação dos solos e os impactos causados por esse processo nas diferentes áreas da Ciência do Solo, em usos agrícolas e obras de engenharia. Na Mecânica de Solos, por exemplo, o método usualmente utilizado para estimar a umidade ótima para obtenção da densidade máxima de um determinado solo é o ensaio de Proctor. O ensaio ou teste de Proctor, classificado como Normal, Intermediário ou Modificado, consiste em compactar uma amostra de solo, em diferentes condições de umidade, em um recipiente cilíndrico de volume conhecido (PROCTOR, 1933). No Brasil, há uma norma regulamentadora para a execução desse ensaio (ABNT, 2016).

Por considerar indicadores de resistência do solo que refletem sua capacidade suporte de carga, outro método, relativamente mais complexo que tem sido utilizado mais recentemente para a determinação de parâmetros da compactação do solo, é o ensaio de compressão uniaxial ou de consolidação (AJAYI et al., 2013). A partir deste ensaio é obtida a curva de compressão, da qual podem ser estimados o índice de compressão (m) e a pressão de pré-consolidação (σ_p), que representa a máxima pressão que o solo pode suportar sem sofrer compactação adicional (HORN; LEBERT, 1994).

A primeira metodologia descrita para o cálculo da pressão de pré-consolidação dos solos, a partir da curva de compressão, foi estabelecida por Casagrande (1936), que descreve a relação entre o logaritmo da pressão aplicada e a densidade do solo ou índice de vazios. Diversas modificações

surgiram a partir desse método, tendo sido propostas equações cada vez mais precisas para prever a pressão de pré-consolidação dos solos, empregando métodos estatísticos e numéricos. Por exemplo, as equações baseadas na umidade e densidade do solo propostas por Ajayi et al.(2009) e Martins et al.(2018).

A Figura 1 representa a curva de compressão, que é representada por duas faixas: a curva de compressão secundária ou de deformações elásticas e, a curva de compressão virgem ou de compressões plásticas (DIAS JUNIOR, 1994), ambas são separadas pela pressão de pré-consolidação (σ_p). Esse limite entre as duas curvas é estimado graficamente, como proposto por Casagrande (1936) ou matematicamente, por meio de planilhas eletrônicas, conforme proposto por Dias Junior e Pierce (1995). A aplicação de pressão promovida pela centrífuga parece atuar até o limite entre as duas curvas, constituindo-se, portanto, em uma forma de se determinar, de forma direta, o valor que nos trabalhos anteriores é obtido indiretamente. Essa possibilidade foi testada comparando-se os resultados obtidos na centrifugação com modelos matemáticos que empregaram os métodos tradicionais para se chegar a esse valor em solos cuja classe textural seja a mesma dos solos empregados neste estudo.

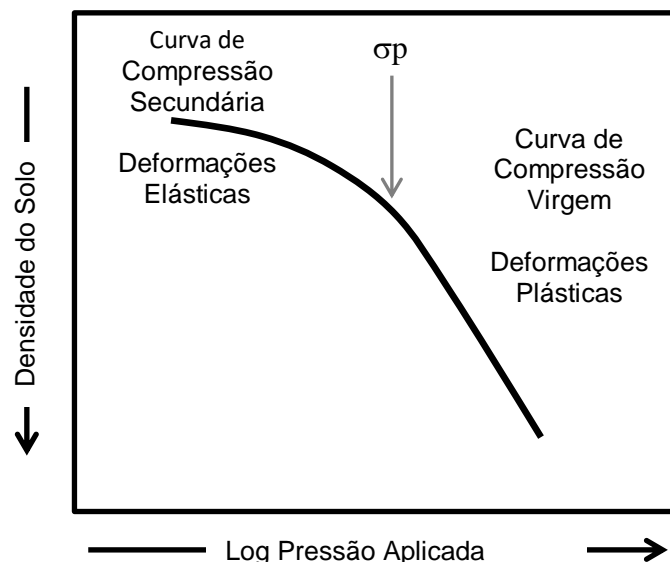


Figura 1. Curva de compressão do solo. Adaptado de Dias Junior e Pierce (1994).

Nesse contexto, buscando estimar a pressão de pré-consolidação em solos arenosos de forma direta, rápida e comparável aos métodos tradicionais já consolidados na literatura, o uso da centrífuga foi testado como alternativa para avaliar a relação entre umidade e densidade do solo, para se estimar a pressão de pré-consolidação dos solos em menor tempo e utilizando menor quantidade de amostras.

Desse modo, as hipóteses investigadas nesse trabalho foram: a) a manipueira e o fosfato afetam quimicamente o solo, alterando o comportamento dos atributos físicos que determinam à compactabilidade dos solos; e b) a centrifugação pode ser empregada para estimar a pressão de pré-consolidação dos solos de forma direta, sem a necessidade de ensaios e equipamentos mais complexos, fornecendo informações relevantes sobre a compactabilidade dos solos.

Partindo desses pressupostos, objetivou-se com esse estudo i) avaliar os efeitos da manipueira e fosfato, relativamente à água destilada, sobre atributos químicos e físicos do solo; ii) avaliar os efeitos da manipueira e fosfato nos resultados de umidade ótima e densidade máxima de compactação dos solos empregando ensaio de Proctor Normal e, iii) avaliar a viabilidade do uso da centrífuga para a estimativa direta da pressão de pré-consolidação em solos arenosos do Recôncavo da Bahia, empregando essas substâncias.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização dos solos estudados

O estudo foi conduzido no Campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB/UFRB), localizado no Nordeste do Brasil, no município de Cruz das Almas, estado da Bahia. A região faz parte dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil, com clima do tipo Af, classificado como tropical chuvoso de floresta, com temperatura média anual de 24,2°C, pluviosidade média mensal superior a 60 mm e anual de 1500 mm, sem estação seca definida e umidade relativa do ar de aproximadamente 82% (KÖPPEN, 1948).

As amostras de duas classes de solo foram avaliadas: Latossolo Amarelo distrocoeso, localizado em área de povoamento florestal de espécies nativas (*Anadenanthera macrocarpa*, *Astronium fraxinifolium* e *Mimosa caesalpinifolia*) e pastagem (*Urochloa decumbens*), nas coordenadas 12°39'22"S 39°04'56"W e Argissolo Acinzentado de uma área de vegetação conhecida regionalmente como capoeira (área onde a mata nativa, em sua grande parte, foi suprimida e, atualmente a vegetação é composta por gramíneas e arbustos esparsos, com elevada presença de espécies exóticas), localizado nas coordenadas 12°39'39"S 39°05'37"W. Ambos os solos foram amostrados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m. No caso do Latossolo, a camada de 0 a 0,20 m corresponde ao horizonte A e a parte mais superficial do horizonte AB; já a camada de 0,20 a 0,40 m corresponde à parte mais profunda do horizonte AB, onde tem início a camada coesa, e à parte mais superficial do horizonte BA, também na camada coesa desse solo. No Argissolo, a camada de 0 a 0,20 m corresponde aos horizontes A e AB e a camada de 0,20 a 0,40 m corresponde, mais proximamente à superfície, do horizonte BA (Prof. Oldair Vinhas Costa, informação pessoal – Anexo).

Organização experimental, amostragem e atributos avaliados

O estudo foi realizado em esquema fatorial do tipo 2x2x3, constituído de dois solos (Latossolo Amarelo distrocoeso e Argissolo Acinzentado), duas profundidades (0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m) e três tratamentos (100 ml kg⁻¹ de solução de água destilada, manipueira e solução de fosfato de potássio (KH₂PO₄) 50 mg L⁻¹), com três repetições. Amostras deformadas foram coletadas, secas ao ar, peneiradas em malha 2 mm, incubadas com as soluções tratamento e deixadas à sombra sob lonas durante 15 dias, para na sequência ser feita a caracterização granulométrica e química.

A manipueira utilizada neste estudo foi do tipo amarela (FERREIRA et al., 2001), adquirida em casa de produção de farinha localizada na zona rural do município de Cachoeira – BA, sendo armazenada por 15 dias para posterior utilização. A caracterização dos tipos de manipueira encontra-se na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química da manipueira de coloração branca e de coloração amarela, adquiridas no Laboratório de Agroindústria da Embrapa Amazônia Oriental, e da manipueira misturada coletada na casa de farinha no município de Igarapé - Açu (média de 3 repetições).

Nutrientes	Manipueira		
	Branca	Amarela	Misturada
	kg m ⁻³		
Nitrogênio	3,42	1,35	2,48
Fósforo	0,70	0,51	0,34
Potássio	3,09	1,69	3,03
Cálcio	0,19	0,16	0,15
Magnésio	0,60	0,38	0,41
Sódio	0,46	0,29	-
pH	6,30	6,15	

Fonte: FERREIRA et al. (2001) - Laboratório de Análise de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

Após a incubação e secagem, os solos foram novamente peneirados em malha de 2 mm, para a posterior caracterização textural, estimativa do grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp), estabilidade de agregados e o respectivo índice, diâmetro médio ponderado (DMP), pH em H₂O e pH em KCl, fósforo remanescente (P-rem) e carbono orgânico (COT).

Os solos também foram amostrados com estrutura preservada, utilizando um amostrador do tipo Uhland e anéis volumétricos com dimensões conhecidas (0,05 x 0,05 m), para a determinação da densidade do solo (Ds) e volume total de poros (VTP).

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, segundo Day (1965), através de agitação rápida, numa operação de 15 minutos por amostra, sendo que a argila total foi obtida empregando NaOH 1 mol L⁻¹ como dispersante químico; para argila dispersa em água (ADA), foi empregada somente água destilada. O grau de floculação (GF) foi obtido através da equação 1.

$$GF = \frac{\text{Arg total} - \text{ADA}}{\text{Arg total}} \times 100 \quad (1)$$

onde:

GF: grau de floculação em (%)

Arg total: teor de argila dispersa em hidróxido de sódio – NaOH em (g kg^{-1})

ADA: teor da argila dispersa em água (g kg^{-1}).

A Densidade de partículas (DP) foi determinada pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico, através da metodologia proposta por Blake e Hartge (1986).

A estabilidade dos agregados foi determinada em via úmida utilizando jogo de peneiras (2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm de diâmetro de malha), em um tamisador de movimentos verticais a 45 oscilações por minuto, por 15 minutos, seguindo a metodologia proposta por Yoder (1936), modificada por Grohmann (1960). A partir dos resultados encontrados, foi calculado o índice de estabilidade de agregados, sendo representado pelo diâmetro médio ponderado (DMP), equação 2:

$$\text{DMP} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

(2)

onde:

DMP: diâmetro médio ponderado (mm);

x_i : diâmetro médio das classes entre peneiras (mm);

w_i : massa de solo seco em cada classe (g).

O pH foi medido em solução de cloreto de potássio ($\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$) e água destilada, na relação 1:2,5 solo:solução ou água. A leitura do pH foi feita a partir de um pHmetro de bancada da marca HANNA, modelo HI 3221 pH/ORP/ISE Meter, segundo Teixeira et al., (2017). O ΔpH foi obtido através da equação 3:

$$\Delta\text{pH} = \text{pH}_{\text{KCL}} - \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$$

(3)

onde:

ΔpH : diferença matemática entre pH_{KCL} e $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$;

pH_{KCL} : pH em solução de cloreto de potássio;

pH_{H2O}: pH em água destilada.

O fósforo remanescente (P-rem) foi determinado a partir de cinco centímetros cúbicos de terra fina seca ao ar (TFSA), agitados por uma hora em solução de CaCl₂ contendo 60 mg L⁻¹ de P (ALVAREZ et al., 2000). Após a agitação, foram separadas as fases sólida e líquida e, na solução de equilíbrio, foi determinada a concentração de P-rem pelo método do ácido ascórbico, com leitura de absorvância em Espectrofotômetro Lambda 25 de UV/VIS da marca PerkinElmer, com comprimento de onda de 725 nm, conforme a metodologia inicialmente descrita por Bache e Williams (1971).

Para a determinação do carbono orgânico total (COT), foi empregada a metodologia proposta por Walkley e Black (1934) e modificada por Yeomans e Bremner (1988), empregando dicromato de potássio, uma fonte externa de calor e titulação com sulfato ferroso amoniacal.

A densidade do solo (Ds) foi obtida através da relação massa/volume, utilizando o método do anel volumétrico (BLAKE e HARTGE, 1965), a partir da equação 4:

$$D_s = \frac{M_s}{V_t}$$

(4)

onde:

Ds: densidade do solo (mg m⁻³);

m: massa de solo seco a 105° C (mg);

v: volume do anel (m³).

O volume total de poros (VTP) foi calculado a partir da relação Ds/Dp (DANIELSON e SUTHERLAND, 1986), conforme a equação 5:

$$VTP = 1 - \left(\frac{D_s}{D_p}\right) \quad (5)$$

onde:

VTP: volume total de poros (m³ m⁻³);

Ds: densidade do solo (mg m⁻³);

Dp: densidade de partículas (mg m⁻³).

Ensaio de Proctor Normal

Para a realização do Ensaio de Proctor Normal, cada amostra de solo previamente incubada com os tratamentos, foi peneirada em malha de 4,8 mm, umedecida com água destilada, acrescentando os seguintes conteúdos: 100, 150, 200, 250, 300 e 350 mL para cada 3 kg de amostra. Na sequência o solo foi homogeneizado e submetido à compactação em três camadas sucessivas, em um cilindro de 1.000 cm³, sob a ação de 25 golpes de um soquete pesando 2,5 kg, caindo de 30,5 cm de altura, de acordo com a metodologia proposta por Proctor (1933) e, seguindo a norma brasileira ABNT NBR 7182/2016 (ABNT, 2016). Nessas condições, o ensaio de Proctor é considerado Proctor Normal.

Os valores de densidade encontrados foram ajustados em função do teor de água, sendo a densidade máxima e a umidade ótima de compactação, assim como as raízes, extraídas a partir do modelo polinomial de segunda ordem. As análises de regressão foram realizadas utilizando o software Sigma Plot 11, versão Demo.

Ensaio alternativo de centrifugação

Para simular o ensaio de pré-consolidação dos solos, utilizando a centrífuga, foram empregados cilindros de 31 mm de diâmetro por 64 mm de altura (A), contendo furos na base, quatro êmbolos 35 mm de altura e diâmetro ajustado ao diâmetro interno do cilindro e peso $268,72 \pm 0,2$ g (B), todos de aço inox, e centrífuga de bancada da marca Nova Técnica, modelo NT 810, com capacidade para quatro tubos (C), com suporte especialmente fabricado para os cilindros. A velocidade máxima da centrífuga é de 5000 RPM (Figura 5).

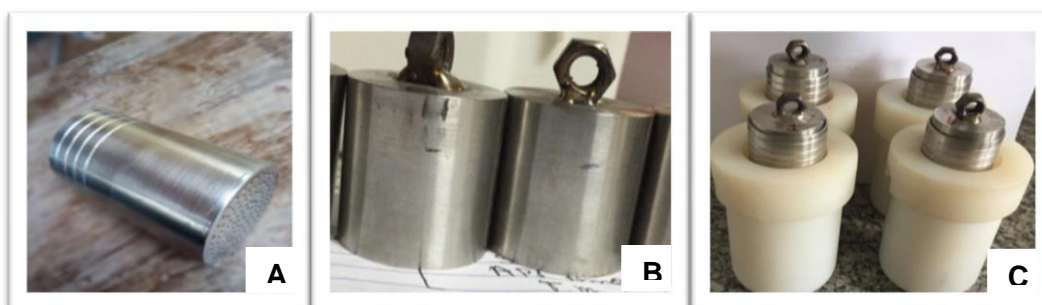


Figura 2: A: Cilindros de aço inox contendo furos na base; B: Êmbolos de aço inox; C: Suportes utilizados na centrífuga.

As amostras dos solos de cada tratamento foram colocadas nos cilindros contendo papel de filtragem rápida no fundo e na superfície. O conjunto (cilindro/solo/papel absorvente) foi saturado por 24 horas em uma bandeja de polietileno coberta por um tecido e por outra bandeja de mesmo tamanho, para criar um ambiente de atmosfera saturada e evitar o ressecamento antecipado das amostras no interior do cilindro.

Após 24 horas na câmara de saturação, as amostras foram colocadas no tubo suporte da centrífuga e, a massa saturada do conjunto (cilindro+solo +tubo suporte) foi previamente determinada. Em seguida, os êmbolos foram encaixados sobre a superfície das amostras e o peso do conjunto (cilindro+solo+tubo suporte+êmbolo) foi novamente determinado.

O conjunto, em descanso fora da centrífuga, tem ação de 1 gravidade (1G). Os quatro tubos foram colocados na centrífuga e submetidos a diferentes níveis de aceleração g (17, 30, 47, 68 e 93 G) e cinco níveis de centrifugação (300, 400, 500, 600 e 700 rotações por minuto - RPM), com duração de 30 minutos cada, que resultou em diferentes pesos ($m \times G$) e, conseqüentemente, diferentes pressões, considerada a área de contato do cilindro com a amostra. Após cada nível de aceleração g, o conjunto foi pesado e a profundidade de deslocamento do cilindro sobre a amostra foi anotado, para posterior cálculo da DS, VTP e umidade, em cada nível de força g.

Ao final das cinco etapas de centrifugação, as amostras foram levadas à estufa de circulação forçada a 105°C, durante 24 horas e, após resfriadas em dessecador, foram obtidos os pesos secos de cada amostra em cada cilindro.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019) e, quando significativos, foram realizados os testes de média de Scott - Knott ($P < 0,05$). Os gráficos foram elaborados no software Sigma Plot versão 11, versão Demo e possuem barras de erro que indicam o desvio padrão da média dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros físicos e químicos nos solos incubados com manipueira e fosfato

O resumo da análise de variância dos resultados de parâmetros físicos e químicos, sob o efeito de manipueira e fosfato, é apresentado na Tabela 2. Verifica-se diferenças entre todos os atributos avaliados, quando relacionados ao fator de variação solo, exceto para a Dp. Os resultados desses parâmetros estão ilustrados nas figuras 3 a 5, como parte da caracterização do material de estudo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos atributos avaliados em um Argissolo Acinzentado e um Latossolo Amarelo distrocoeso, enquadrados como areia franca e franco arenoso, respectivamente, nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m, localizados nos Tabuleiros Costeiros da Bahia.

FV	GL	Quadrado médio					
		DP	GF	DMP	COT	P-rem	Δ pH
Solo	1	<0,001 ^{ns}	147,15*	10,48**	311,27**	0,11 ^{ns}	0,66**
Prof.	1	0,004*	2,30 ^{ns}	0,02 ^{ns}	41,33 ^{ns}	<0,001 ^{ns}	0,46**
Trat.	2	0,001 ^{ns}	164,62*	0,03 ^{ns}	60,54 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,49**
Solo*Prof.	1	0,001 ^{ns}	26,38 ^{ns}	0,001 ^{ns}	15,94 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Solo *Trat.	2	0,002 ^{ns}	21,35 ^{ns}	0,02 ^{ns}	32,97 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Prof.*Trat.	2	<0,001 ^{ns}	175,74**	0,42**	52,26 ^{ns}	0,73 ^{ns}	2,39**
Solo*Prof*Trat	2	0,001 ^{ns}	262,44**	0,51**	22,70 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,10**
Erro	2	0,001	19,86	0,03	20,19	0,42	0,01
CV%	4	1,22	9,26	7,97	31,09	12,20	15,58

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; DP: densidade de partículas; GF: grau de floculação (%); DMP: diâmetro médio ponderado (mm); COT: carbono orgânico total (g kg⁻¹); P-rem: Fósforo remanescente (mg L⁻¹); Δ pH: delta pH; CV: coeficiente de variação; ^{ns}: não significativo; *: significativo a 5%; **: significativo a 1% de probabilidade.

Alterações nos atributos DMP, COT e Δ pH para o fator solo foram significativas. A Dp foi significativa a 5% e o Δ pH a 1% de probabilidade somente para o fator profundidade. O GF e o Δ pH foram significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, quanto ao fator tratamento.

As interações duplas, solo*tratamento e solo*profundidade não mostraram diferenças entre os atributos avaliados, diferentemente da interação profundidade *tratamento, onde GF, DMP e Δ pH mostraram significância ao

nível de 1% de probabilidade. A interação tripla entre as fontes de variação solo*profundidade*tratamento também mostrou ser altamente significativa para o GF, DMP e Δ pH. Os solos não diferiram entre si quanto aos teores de P-rem em relação a nenhuma das fontes de variação.

Avaliando atributos físicos do solo, Warrick e Nielsen (1980) indicaram que o coeficiente de variação (CV), mesmo em áreas homogêneas, pode ser classificado em três níveis: baixo ($CV \leq 12\%$), médio ($12\% < CV \leq 60\%$) e alto ($CV > 60\%$), indicando que, quanto menor o CV, mais homogêneos são os dados. Sendo assim, os valores de CV encontrados para os atributos avaliados variaram entre os níveis médio e baixo, indicando homogeneidade moderada a alta dos dados.

A caracterização textural dos solos está representada na Figura 3. Para complementar essa caracterização, a descrição morfológica dos perfis dos solos encontra-se no Anexo. Os solos foram classificados como areia franca (Argissolo) e franco arenoso (Latossolo).

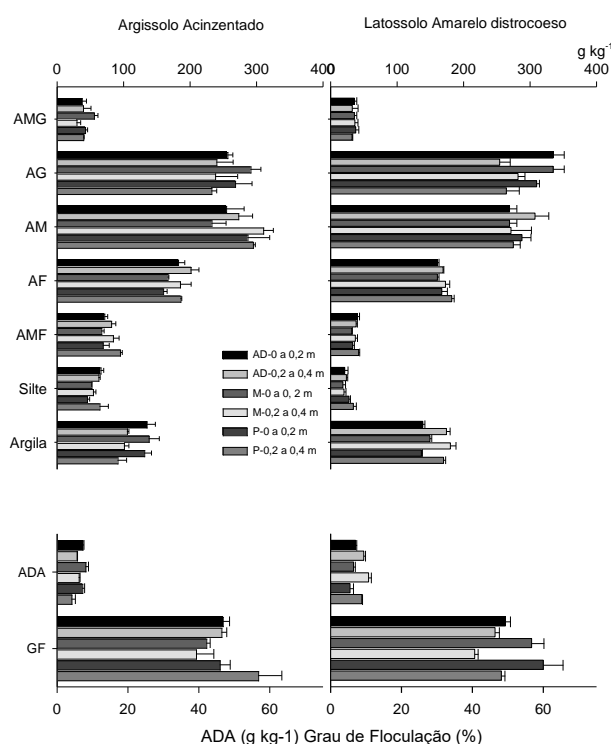


Figura 3. Caracterização textural e grau de flocculação de um Argissolo acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia. AD: análises no material incubado somente com água destilada; M: análises no material incubado com manipueira e; P: análises no material incubado com fosfato. Acima: Resultados da análise textural com dispersante químico e fracionamento das areias (expressos em $g\ kg^{-1}$); abaixo: Argila dispersa em água ($g\ kg^{-1}$) e índice de flocculação, expresso em (%), ($n = 3$).

De maneira geral, os solos e profundidades, nos respectivos tratamentos, não apresentaram diferenças quanto aos teores de areia, sendo as frações areia grossa (AG) e areia média (AM) encontradas em maiores quantidades, seguidas pela fração areia fina (AF). A fração AG predominou na profundidade de 0 a 0,20 m nos dois solos e tratamentos (manipueira, fosfato e água). No Argissolo, a fração AM foi encontrada em maior quantidade na profundidade de 0,20 a 0,40 m, no tratamento manipueira, enquanto para o Latossolo, nessa mesma profundidade, a maior porção dessa fração foi encontrada quando o solo foi incubado com água destilada. As frações AF e areia muito fina (AMF) seguiram a mesma tendência da AM, sendo que em todos os tratamentos, as maiores médias dessas frações estavam presentes na profundidade de 0,20 a 0,40 m. No Latossolo, para todos os tratamentos e profundidades, as frações AF e AMF não diferiram entre si, sendo mais representativa em profundidade.

A fração silte foi encontrada em maior quantidade no Argissolo, sendo mais observado na profundidade de 0,20 a 0,40 m no tratamento fosfato, para o Latossolo, a maior presença de silte foi observada no mesmo tratamento e profundidade. A menor presença de silte foi observada no Latossolo, para o tratamento manipueira.

O Latossolo apresentou maior quantidade de argila total em relação ao Argissolo, sendo mais expressiva na profundidade de 0,20 a 0,40 m, porém sem diferença suficiente para caracterizar um gradiente textural, independentemente do tratamento (manipueira, fosfato e água). No Argissolo, a maior quantidade de argila foi observada na profundidade de 0 a 0,20 m, em relação à profundidade de 0,20 a 0,40 m, independentemente do tratamento, portanto, sem gradiente textural que caracterizaria iluviação de argila da camada 0 a 0,20 m em relação à camada de 0,20 a 0,40 m. O menor teor de argila na camada de 0,20 a 0,40 m evidencia tratar-se de uma camada de eluviação de argila para o horizonte B que situa-se a aproximadamente 1,50 m de profundidade (SANTOS et al., 2018) (Anexo).

A argila dispersa em água (ADA) e o grau de floculação (GF) não variaram significativamente entre os dois solos. Apesar disso, foi possível observar menores valores de ADA e, conseqüentemente, maiores valores de GF em todos os tratamentos.

Para o tratamento manipueira, isso se deve, provavelmente, à presença de cátions como o cálcio, magnésio e potássio, que favoreceram a floculação de partículas. O acréscimo das bases ao solo propicia o aumento do grau de floculação o que reduz os teores de argila dispersa em água (FERREIRA et al., 2010). Resultados semelhantes foram também encontrados por Duarte et al., (2013), em seus estudos com Neossolo Regolítico de textura similar ao utilizado neste estudo. Os autores observaram decréscimo de ADA e, conseqüentemente, aumento de GF, quando adicionaram manipueira ao solo.

As classes de diâmetro encontradas nos solos para a estabilidade de agregados estão representadas na Figura 4.

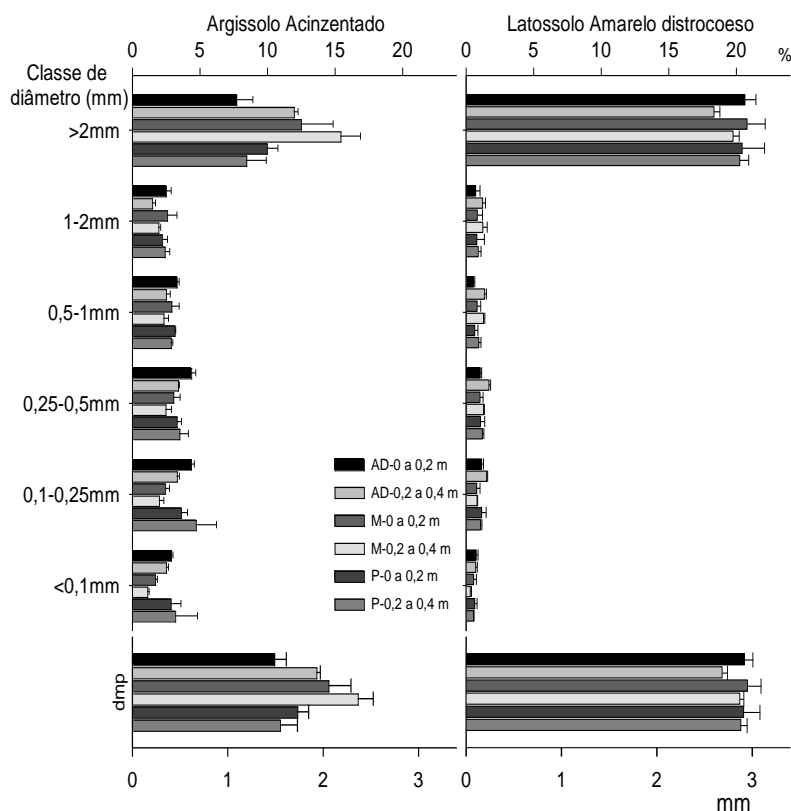


Figura 4. Diâmetro médio ponderado de um Argissolo acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia. AD: análises no material incubado somente com água destilada; M: análises no material incubado com manipueira; P: análises no material incubado com fosfato. Acima: Resultados da distribuição das classes de agregados dado em (%); abaixo: diâmetro médio ponderado (mm), (n = 3)

No Latossolo, os agregados ficaram mais concentrados na fração > de 2mm, conseqüentemente, o DMP foi maior nesse solo independentemente do

tratamento e profundidade estudados, enquanto as demais classes de diâmetro foram praticamente inexpressivas, quando comparadas às do diâmetro acima de 2 mm.

Para o argissolo, os agregados se apresentam em maior concentração na fração > de 2mm, entretanto, também observou-se maior distribuição nas demais classes de diâmetro, reduzindo os valores de DMP, diferentemente do que foi observado no Latossolo.

A caracterização dos solos quanto ao pH, P-remanescente e carbono orgânico encontra-se ilustrada na Figura 5.

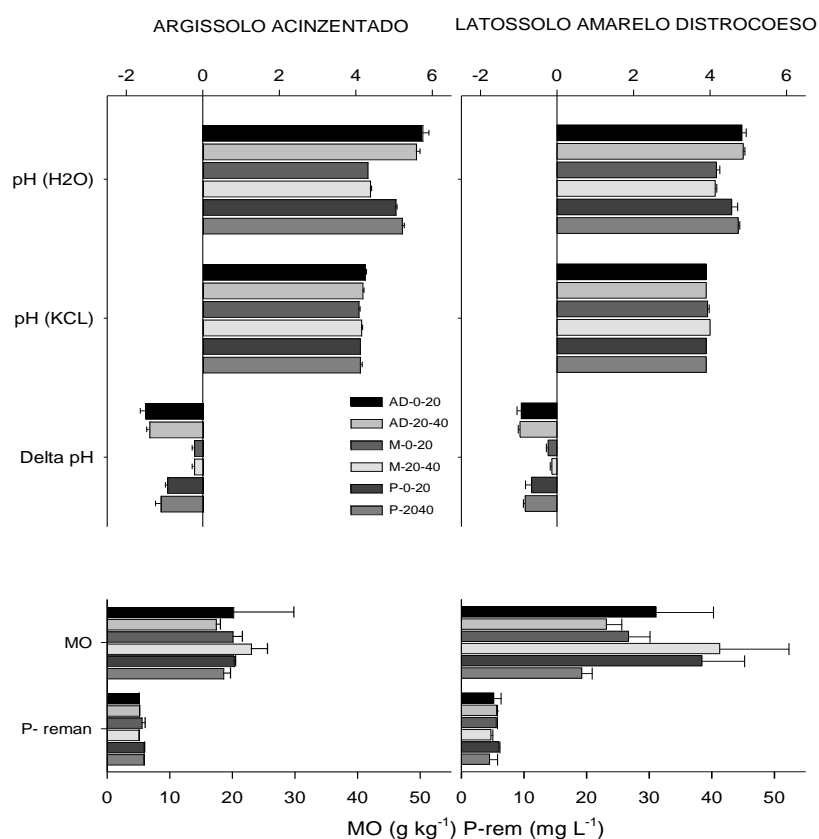


Figura 5. Atributos químicos de um Argissolo acinzentado e Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia. AD: análises no material incubado somente com água destilada; M: análises no material incubado com manipueira; P: análises no material incubado com fosfato; ph (H₂O): potencial hidrogeniônico em água; pH (KCL): potencial hidrogeniônico em solução de Cloreto de potássio; Delta pH (Δ pH): calculado pela diferença entre pH em KCL e pH em água. Acima: Resultados para pH em H₂O, pH em KCL e Δ pH; abaixo: teores de matéria orgânica (g kg⁻¹) e fósforo remanescente (mg L⁻¹), (n=3).

Para os dois solos o tratamento manipueira diminuiu o $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ mas, não influenciou o pH_{KCL} , reduzindo, assim, o delta pH (ΔpH). Isso, conseqüentemente, criou condições para maior floculação das argilas, visto que, o balanço de cargas aproxima-se da neutralidade. Portanto, a manipueira tende a flocular os solos avaliados neste estudo.

A matéria orgânica (MO) dos solos, nesse estudo, foi representada em formato de carbono orgânico total (COT). Houve maior presença de COT no Latossolo, principalmente na profundidade de 0 a 0,20 m, com manipueira. Nesse caso, além da vegetação mais exuberante no Latossolo, a própria manipueira é uma fonte extra de carbono. O Argissolo apresentou menores teores de COT, sem, entretanto, apresentar as diferenças com relação a manipueira encontrada para o Latossolo.

Para o P-rem, foi encontrada concentração de fósforo menor que 10 mg L^{-1} para os dois solos, indicando alta adsorção de fósforo. Essa maior adsorção de fósforo altera quimicamente a superfície da argila, ou seja, o balanço de cargas na superfície da argila, que possui efeito direto na floculação e dispersão das partículas do solo, conforme diferença verificada entre os tratamentos para esse atributo.

Resultados do ensaio de Proctor Normal e comparação com centrifugação

O quadro de análise de variancia com os resultados do ensaio de Proctor Normal encontra-se na Tabela 3. Observa-se que os atributos umidade ótima de compactação (U_{oc}) e densidade máxima ($D_{m\acute{a}x}$), foram altamente significativos ($P < 0,001$), para a fonte de variação solo. Para a interação solo*profundidade, os atributos foram significativos no nível de 5% ($P < 0,05$), indicando que a U_{oc} varia com a profundidade, dependendo do solo. Para as demais fontes de variação, as diferenças entre U_{oc} e $D_{m\acute{a}x}$, para as diferentes condições, não foram significativas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos atributos avaliados em um Argissolo Acinzentado e um Latossolo Amarelo distrocoeso dos Tabuleiros Costeiros da Bahia, nas camadas 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m incubadas com manipueira (M), fosfato (P) e água destilada (AD).

FV	GL	Quadrado médio	
		Uoc	Dmáx
Solo	1	17,640**	0,010**
Prof.	1	0,028 ^{ns}	<0,001 ^{ns}
Trat.	2	0,742 ^{ns}	<0,001 ^{ns}
Solo*Prof.	1	2,861*	<0,001 ^{ns}
Solo*Trat.	2	0,364 ^{ns}	<0,001 ^{ns}
Prof.*Trat.	2	1,288 ^{ns}	<0,001 ^{ns}
Solo*Prof*Trat	2	0,125 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Erro	24	0,422	0,0008
CV%	-	7,01	1,32

Os CV encontrados para Uoc e Dmáx foram de 7,01% e de 1,32%, respectivamente. Segundo Warrick e Nielsen (1980), para as duas variáveis analisadas, os CV foram considerados baixos, indicando uma maior homogeneidade nos resultados para esses atributos.

A partir das curvas de compactação, a Uoc e Dmáx foram obtidas e são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Umidade ótima de compactação e densidade máxima avaliadas em um Argissolo Acinzentado e Latossolo Amarelo distrocoeso do Recôncavo da Bahia, para amostras das camadas 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m incubadas com manipueira (M), fosfato (P) e água destilada (AD).

Prof. (m)	Uoc			Dmáx		
	Argissolo	Latossolo	Média	Argissolo	Latossolo	Média
	-----%			----- g cm ⁻³ -----		
0 - 0,2	8,88 bA	9,71 aA	9,30 a	2,23 aA	2,19 bA	2,21 a
0,2 - 0,4	8,26 bA	10,22 aA	9,24 a	2,23 aA	2,20 bA	2,21 a
Média	8,57 B	9,97 A		2,23 A	2,20 B	

Prof: profundidade 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 dada em m; Uoc: umidade ótima de compactação; Dsmáx: densidade máxima de compactação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *: Média harmônica calculada pelo Sisvar. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; Uoc: umidade ótima de compactação; Dmáx: densidade máxima; ns: não significativo; *: significativo a 5% (0,05 > p >0,001); **: significativo a 1% (P < 0,001).

É possível observar que, para a Uoc, o Latossolo diferiu do Argissolo, apresentando maior valor médio. Nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m, o Latossolo diferiu do Argissolo, apresentando os maiores valores médios para Uoc. Tanto para o Argissolo, quanto para o Latossolo, as camadas não diferiram entre si para D_{máx}.

O latossolo atinge a D_{máx} em maiores valores de umidade, diferentemente do que é observado para o argissolo. Dessa forma, é possível destacar a maior susceptibilidade do argissolo em sofrer compactação.

Apesar dos dois solos serem considerados arenosos, os teores de areia e argila podem ter influenciado os valores de umidade ótima e densidade máxima de compactação dos solos (Figura 3). Para o Argissolo, por possuir maior teor de areia e menor teor de argila, quando comparado ao Latossolo, foi possível observar um aumento na D_{máx} e redução na Uoc, favorecendo a compactação do solo. Diferentemente foi visto no Latossolo, onde à medida que houve aumento do teor de argila, ocorreu decréscimo na D_{máx}, e maiores valores de Uoc.

As curvas de compactação obtidas no ensaio de Proctor Normal, de ambos os solos e respectivas profundidades e tratamentos (manipueira, fosfato e água destilada), bem como as equações de ajustes, estão representadas na Figura 6.

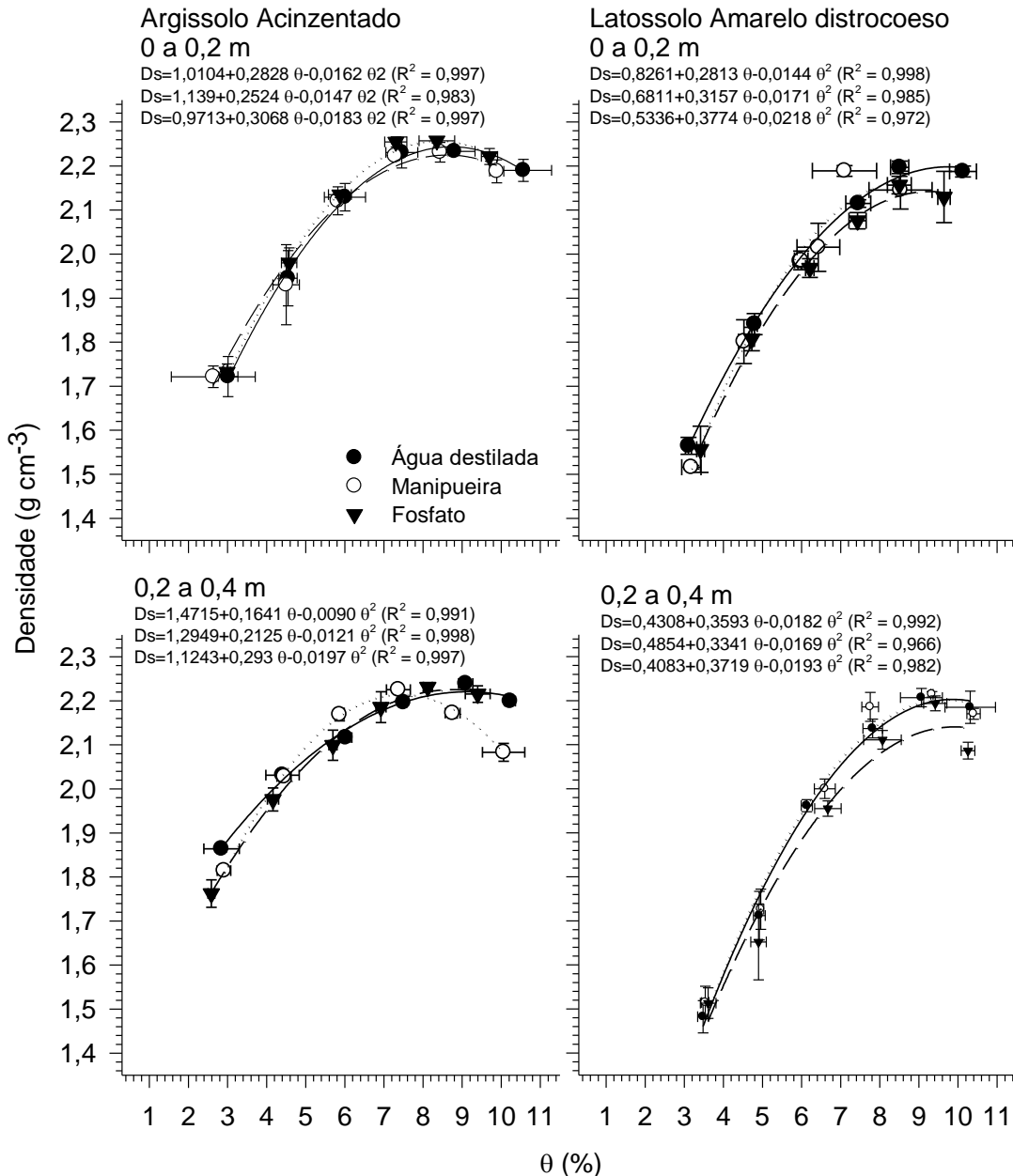


Figura 6. Curvas de compactação obtidas pelo método da centrífuga, de um Argissolo Acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia. AD: material incubado somente com água destilada; M: material incubado com manipueira e; P: material incubado com fosfato.

A maior $D_{m\acute{a}x}$ foi encontrada para o Argissolo na camada de 0 a 0,20 m no tratamento com fosfato. Para o Latossolo, as maiores $D_{m\acute{a}x}$ observadas estavam nos tratamentos com água destilada e fosfato, nas duas profundidades (0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m), como demonstrado na Figura 6.

O Latossolo apresentou maior média para a Uoc e menor D_{máx} em relação ao Argissolo, fato que se deve, em parte, à maior concentração de COT no Latossolo. A menor D_{máx} observada no Latossolo foi encontrada para o tratamento manipueira, na profundidade de 0,20 a 0,40 m, em uma maior Uoc, em razão da maior carga orgânica adicionada ao solo com o uso desse resíduo (SUMAN et al., 2011) e, a maior presença de matéria orgânica proveniente da vegetação encontrada na área. O acúmulo de matéria orgânica nos solos e a consequente redução da D_{máx} e aumento da Uoc também foi observada por Luciano et al. (2012) em um Neossolo Litólico distrófico típico, de textura franco-arenosa, semelhante ao solo aqui estudado.

Como demonstrado por Braida et al. (2006), em solos de textura arenosa, o COT exerce importante efeito na densidade máxima. Nesse caso, a maior retenção de água pela matéria orgânica parece dificultar a lubrificação entre as partículas minerais e, conseqüentemente, reduz o efeito na compactação. Além disso, a densidade da matéria orgânica é menor do que a densidade das partículas minerais do solo, como a areia, resultando na redução da densidade máxima com o aumento do teor de matéria orgânica, corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

Para o Argissolo, a menor D_{máx} foi observada com o uso do tratamento fosfato, na profundidade 0,20 a 0,40 m e em menor Uoc. O Argissolo apresentou médias maiores de D_{máx} e menores de Uoc, diferentemente do que foi encontrado para o Latossolo. Isso indica que o Argissolo pode sofrer maior compactação, no caso de uso agrícola, mesmo quando trabalhado com baixos teores de água, carecendo de maiores cuidados. Entretanto, para a Engenharia onde a compactação é necessária, a maior facilidade de compactação do Argissolo é desejável.

Os resultados encontrados para a relação de D_s x pressão empregando o método de centrifugação para comparação àqueles resultados do ensaio de Proctor Normal, estão representados na Figura 7.

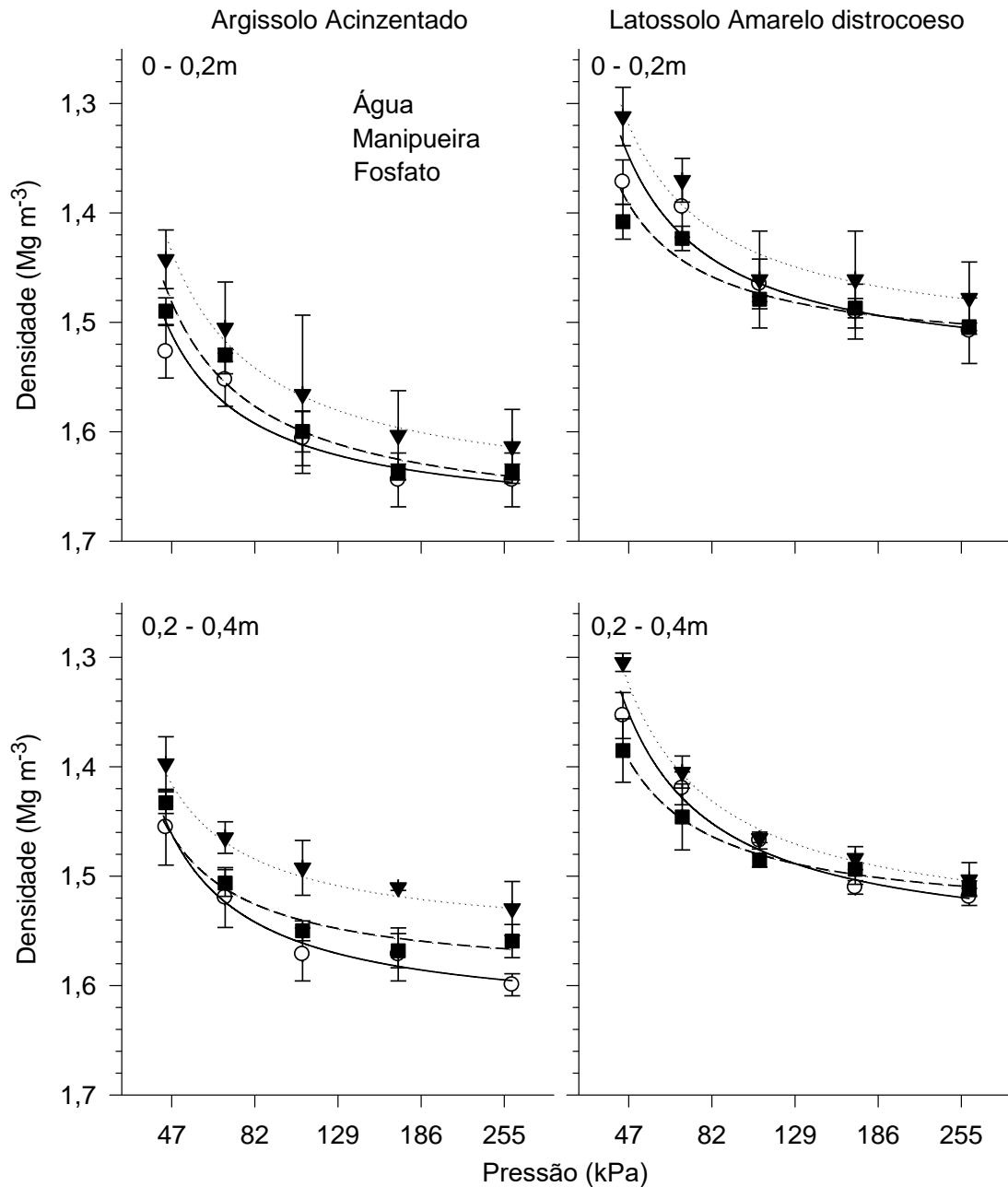


Figura 7. Densidade do solo em função da tensão obtidos pelo método da centrífuga, de um Argissolo acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia. AD: material incubado somente com água destilada; M: material incubado com manipueira e; P: material incubado com fosfato.

Os resultados de D_s no ensaio alternativo, com centrifugação, foram menores (variando entre 0,47 a 2,6 kg.cm cm^{-3}) quando comparados aos encontrados no ensaio de Proctor (5,9 kg.cm cm^{-3}), demonstrando que, nessas condições, a força da centrífuga não tenha sido suficiente para simular os dados do ensaio de Proctor. Portanto, considerando o modelo da centrífuga utilizado, a

rotação e os valores de força G podem ser aumentados, de forma a se atingir densidades maiores, comparáveis às do ensaio de Proctor (Figura 7).

Apesar disso, foi possível observar que o Argissolo atingiu maiores valores de densidade nas profundidades de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40m quando submetido à mesma pressão do Latossolo, nos tratamentos água destilada e fosfato, principalmente. Para o Latossolo, os maiores valores de densidade foram encontrados nos mesmos tratamentos, água destilada e manipueira, entretanto, esses valores encontram-se abaixo do observado no Argissolo, nas duas profundidades. Dessa forma, o Argissolo é compactado quando submetido a valores crescentes de pressão.

Os resultados encontrados para a relação de VTP x pressão empregando o método de centrifugação, para comparação àqueles resultados do ensaio de Proctor Normal, estão representados na Figura 8.

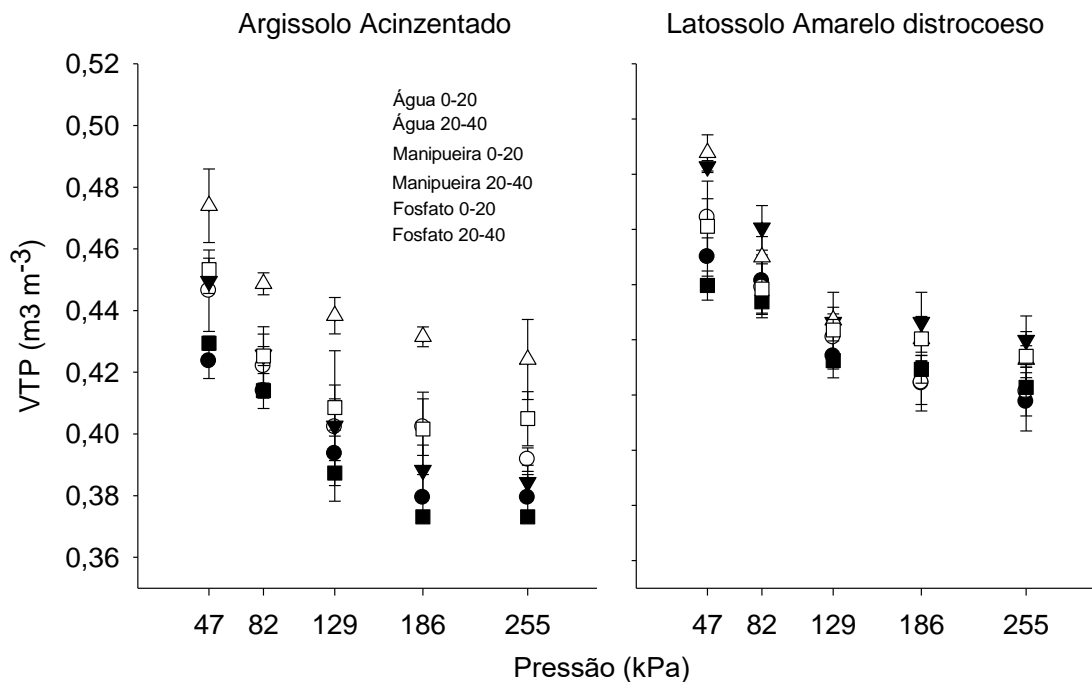


Figura 8. Volume total de poros em função da tensão obtidos pelo método da centrífuga, de um Argissolo acinzentado e de um Latossolo Amarelo distrocoeso analisados nas camadas de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m dos Tabuleiros Costeiros da Bahia. AD: análises no material incubado somente com água destilada; M: análises no material incubado com manipueira e; P: análises no material incubado com fosfato.

Na figura 8, verifica-se que VTP diminuiu, seguindo os tratamentos,

semelhante ao ocorrido com a D_s (Figura 7), visto que VTP foi calculado empregando a D_s .

Para o Latossolo, não houve diferença entre os tratamentos. Entretanto, quando comparado ao Argissolo, o Latossolo apresenta menores valores de densidade máxima para todos os tratamentos. Apesar disso, com o aumento da pressão, o maior VTP foi encontrado na profundidade de 0 a 0,20 m, para o tratamento manipueira e o menor VTP, para o tratamento com água destilada, na mesma profundidade.

No Argissolo observa-se que, à medida que a pressão exercida sobre a amostra do solo aumenta, houve, como esperado, redução no VTP. A camada de 0,20 a 0,40 m foi a menos afetada pela pressão, mantendo maior VTP para todos os tratamentos, sendo as maiores médias encontradas para manipueira > fosfato > água destilada. Na camada de 0 a 0,20 m houve maior influência da pressão, sendo as menores médias de VTP encontradas no tratamento fosfato.

O VTP é um atributo do solo muito responsivo à alteração na qualidade do solo, como a compactação, e possui uma correlação negativa com a D_s , sendo valores baixos de VTP indicativos de solos degradados. Os valores encontrados para o VTP nos dois solos analisados nesse estudo demonstram que o Argissolo apresenta valores mais baixos de VTP, indicando que esse solo se encontra em estágio mais avançado de degradação do que o Latossolo (ROCHA et al., 2015; ENCK et al., 2020).

O fato de o Latossolo estar localizado em uma área de mata, com quantidade significativa de serapilheira, o que protege o solo das intempéries do ambiente, também faz com que os valores de VTP para esse solo sejam maiores, principalmente nas camadas superficiais, corroborando com os dados encontrados por Sales et al. (2018), ao avaliarem solos da Amazônia. Isso é claramente observado na Figura 8, onde a camada de 0 a 0,20 m do Latossolo apresenta maior VTP, quando comparada ao Argissolo, que encontra-se em área mais descoberta.

Parâmetros de compactabilidade estimados pelo método da centrífuga

Na figura 9 estão representados os resultados referentes ao ensaio alternativo com o uso da centrífuga, utilizado para avaliar a relação entre tensão

e umidade e , a estimativa da pressão de pré-consolidação em função da umidade dos solos, nas profundidades de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m, sob os tratamentos da manipueira, fosfato e água destilada. Estes resultados foram comparados aos estimados, utilizando os modelos de Martins et al. (2018): $\sigma_p = 10^{(2,70 - 1,77 e)}$ ($R^2 = 0,92^{**}$) em tons de vermelho e, Ayayi et al. (2009): $\sigma_p = 10^{(2,87 - 3,96 e)}$ ($R^2 = 0,88^{**}$) em tons de verde. Ambos os modelos empregados para essa comparação foram desenvolvidos para solos arenosos, como os solos empregados neste estudo.

As figuras que representam o teor de umidade retido na amostra em função da pressão aplicada no sistema de centrifugação demonstram que o teor de umidade reduziu na medida em que se aumentou a pressão aplicada pela centrífuga. Esse fato era esperado, visto que ao aumentar a aceleração, somada a influência do êmbolo de peso, a água fosse retirada da amostra. Essa tendência ocorreu, principalmente, na camada de 0,20 a 0,40 m do Argissolo, onde o maior teor de areia facilitou o escoamento da água retida, mesmo em poros de menor tamanho. Além disso, o maior teor de areia presente nesse solo influenciou maior contração das amostras no interior do cilindro.

Em condição de menor pressão, o maior teor de argila presente no Latossolo, acrescido da maior concentração de COT e o uso de manipueira contribuiu para maior retenção de água nas amostras em ambas as camadas do Latossolo.

As amostras da camada de 0,20 a 0,40 m do Argissolo foram aquelas que mais se alteraram com o aumento da pressão, tendo sua umidade reduzida em todos os tratamentos, comparativamente à camada superficial. Neste caso, onde se obteve uma estimativa da pressão de pré-consolidação em função do teor de umidade, equação de Ayayi et al. (2009) $\sigma_p = 10^{(2,87 - 3,96 e)}$ ($R^2 = 0,94^{**}$), houve aumento dessa pressão quando o solo perdeu umidade. A camada de 0 a 0,20 m foi a que se manteve com maior conteúdo de água para o Argissolo, atingindo o máximo quando a pressão atingiu 250 kPa, para um teor de umidade próximo a $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

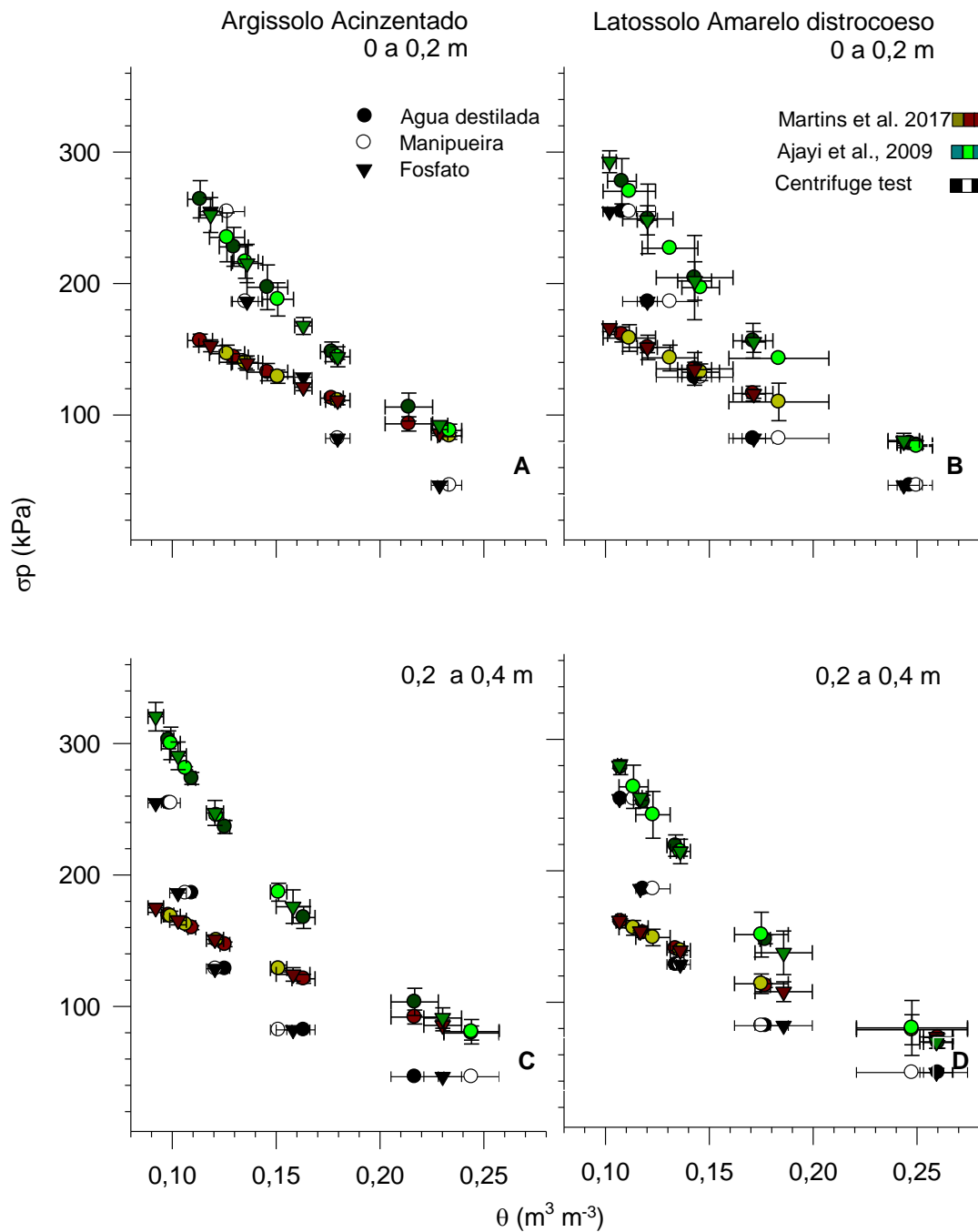


Figura 9. Comparação entre resultados obtidos por meio de modelos matemáticos com os resultados obtidos pelo método alternativo de centrifugação em um Argissolo Acinzentado e um Latossolo Amarelo distrocoeso dos Tabuleiros Costeiros da Bahia, para amostras das camadas 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m incubadas com manipueira (MP), fosfato (P) e água destilada (AD).

Os dados obtidos por centrifugação são comparáveis àqueles obtidos por meio dos modelos matemáticos. Martins et al. (2018) observaram em Latossolo Vermelho de textura arenosa, maior susceptibilidade à compactação em

comparação aos solos mais argilosos avaliados durante os ensaios de compressão uniaxial, atribuindo isso ao menor teor de argila presente no solo, o que de fato ocorreu neste estudo. Resultados semelhantes também foram observados por Andrade et al. (2017) em solos de textura arenosa nos ensaios de compressão uniaxial após colheita e exploração em solos florestais de Teixeira de Freitas - BA.

Entretanto, no presente estudo, os dados obtidos por centrifugação apresentam menor diferença em comparação aos obtidos pelo modelo de Ajayi et al. (2009), cujo solo empregado para obtenção de seu modelo é dos Tabuleiros Costeiros localizado no estado do Espírito Santo, solo este muito semelhante ao Latossolo Amarelo distrocoeso empregado neste estudo. Esta semelhança indica uma elevada possibilidade do emprego do método de centrifugação para obtenção de dados de pré-consolidação, necessitando de novos testes para a validação dessa metodologia.

CONCLUSÕES

A textura do solo, argila dispersa em água, estabilidade de agregados, pH_{H_2O} , carbono orgânico e, os índices ΔpH e grau de floculação foram influenciados pelas soluções-tratamento manipueira e fosfato.

O pH_{KCL} , fósforo remanescente, densidade de partículas, umidade ótima e densidade máxima de compactação não foram influenciados pelos tratamentos.

O Argissolo mostrou-se mais susceptível à compactação, enquanto o Latossolo mostrou-se menos susceptível a esse processo.

Em baixas tensões, a manipueira aumentou a retenção de água na amostra, interferindo nos parâmetros de compactabilidade obtidos pelo método da centrífuga.

Os teores de areia, argila e carbono orgânico também influenciaram na compactabilidade dos solos.

O método da centrífuga possibilita estimativa da pressão de pré-consolidação em solos de granulometria mais grosseira (arenosos); contudo, recomendam-se estudos mais detalhados variando níveis de tensão, granulometria e comparação com o ensaio de consolidação para melhor validação desse método alternativo.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016). **NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro, RJ. p.9, 2016.
- AJAYI, A. E.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; ARAUJO JUNIOR, C. F.; ALADENOLA, O. O.; SOUZA, T. T.; INDA JUNIOR, A. V. Comparison of estimation methods of soil strength in five soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, v.33, p. 487- 495, 2009.
- AJAYI, A. E.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; OLADIPO, I. Compressive response of some agricultural soils influenced by the mineralogy and moisture. **International Agrophysics.**, v.27, n. 3, p. 239-246, 2013.
- ANDRADE, M. L. C.; TASSINARI, D.; DIAS JUNIOR, M. S.; MARTINS, R. P.; ROCHA, W. W.; SOUZA, Z. R. Soil compaction caused by harvest and logging operations in eucalyptus forests in coarse-textured soils from northeastern Brazil. **Ciência e Agrotecnologia.**, v.41, n.2, p. 191-200, 2017.
- ANJA-K, T.; HELMINHA, K.; BRUGGEMANN, N.; VELDKAMPD, E.; REINHOLD-HUREKE, B.; LORENZF, M.; BARTKEG, S.; HEINRICHA, U.; GENTSCHK, N.; GROSCHN, R.; GUGGENBERGERK, G; KERN, J.; KIESEO, R. KUHWALDJ, M.; LEINWEBERP, P.; SCLOTERRQ, M.; WIESMEIERR, T. W.; VOGEL, H. Soil research challenges in response to emerging agricultural soil management practices. **Advances in Agronomy.**, v.161, 2020.
- ALVAREZ, V. H. V.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. **Determinação e uso do fósforo remanescente**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 27-32, 2000.
- BACHE, B. W.; WILLIAMS, E. G. A phosphate sorption index for soils. **Journal of Soil Science.**, v. 22, p. 289-301, 1971.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density in methods of soil analysis. **Agronomy.**, v. 9, n. 1, p. 374-390, 1965.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. **Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods**, v. 5, p. 377-382, 1986.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, v. 30, n.4, p. 605-614, 2006.
- Casagrande, A. 1936. Determination of preconsolidation load and its practical significance. *In* Proceedings of the First International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Cambridge, Mass., 22–26 June. pp. 60–64.

- CONCEIÇÃO, A. A.; RÊGO, A. P. B.; SANTANA, H.; TEIXEIRA, I.; MATIAS, A. G. C. Tratamento de efluentes resultantes do processamento da mandioca e seus principais usos. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 119-130, 2013.
- DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. **Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods**, v. 5, p. 443-461, 1986.
- DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. **Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling**, v. 9, p. 545-567, 1965.
- DIAS JUNIOR, M.S. Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic. Michigan, East Lansing State University, 1994. 114p. (Tese de Doutorado)
- DIAS JUNIOR, M.S. & PIERCE, F.J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. **Soil Technology**, v.8, n.2, p.139-151, 1995.
- DIAS JUNIOR, M. S.; MARTINS, P. C. C. Ensaio de compressão uniaxial e modelos de capacidade de suporte de carga do solo. In: TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª ed., Brasília: Embrapa, p. 152-71, 2017.
- DUARTE, A. de S.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. de F.; PEDROSA, E. M. R.; ALBUQUERQUE, F. da S.; MAGALHÃES, A. G. Alterações dos atributos físicos e químicos de um Neossolo após aplicação de doses de manipueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.9, p.938–946, 2013.
- ENCK, B. F.; RODRIGUES, J. C. W.; HASSANE, A. L.; TEMBO, R. A.; CAMPOS, M. C. C.; DOS SANTOS, L. A. C.; BRITO, W. B. M. Impacto nos atributos do solo sob conversão de floresta para áreas cultivadas na região sul do Amazonas, Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**., Santa Maria, v. 24, e. 54, 2020.
- FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M.; RALISCH, R. Estabilidade física de solo sob diferentes manejos de pastagem extensiva em Cambissolo. **Semina Ciências Agrárias**, v.31, p.531-538, 2010.
- FERREIRA, W. A.; BOTELHO, S. M.; CARDOSO, E. M. R.; POLTRONIERI, M. C. **Manipueira: um adubo orgânico em potencial**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 21 p. (Documentos 107), 2001.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019.

FERREIRA, E. F.; OLIVEIRA, L. S.; MOURÃO, F. V. Os efeitos da aplicação de manípueira como biofertilizante no desenvolvimento vegetativo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Research, Society and Development.**, v. 9, n. 7, e91973722, 2020.

GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. **Bragantia.**, v. 19, n. 13, p. 201-213, 1960.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil Compactability and compressibility. In: SOANE, B. D.; van OUWERKERK, C. (Ed.). Soil compaction in crop production. Amsterdam: **Elsevier Science**, p. 45-69, 1994.

JULIÃO, L. G. F.; DE LIMA, J. M.; DIAS JUNIOR, M. D.; OLIVEIRA, G. C.; RIBEIRO, B. T.; MAGALHÃES, C. A. S. Atributos mecânicos e erosão por salpicamento em amostras de latossolo vermelho- amarelo sob efeito de vinhaça. **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 19-27, 2011.

KAMIMURA, K. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; OLIVEIRA, M. S., SANTOS, G. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; AJAYI, A. E. Spatial variability of precompression stress and volumetric water content of a red- yellow latossol (Oxisol). **Bioscience Journal.**, Uberlândia, v. 36, n. 1, p. 142-151, 2020.

KÖPPEN, W.; GEIGER. R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1948.

KUCZMAN, O.; TAVARES, M. H. F.; GOMES, S. D.; GUEDES, L. P. C.; GRISOTTI, G. Effects of stirring on cassava effluent treatment in an anaerobic horizontal tubular pilot reactor with support medium – A Review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 77, n. 1, p. 984-989, 2017.

LIMA, J. M.; ANDERSON, S. J.; CURI, N. Phosphate-Induced Clay Dispersion as Related to Aggregate Size and Composition in Hapludoxs. **Soil Science Society of America Journal.**, v. 64, p. 892–897, ed.3, 2000.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A. BATISTELLA, B.; WARMLING, M. T. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, v.36 n.6, 2012.

MARTINS, P. C. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; AJAYI, A. E.; TAKAHASHI, E. N. T.; TASSINARI, D. Soil compaction during harvest operations in five tropical soils with different textures under eucalyptus forests. **Ciência e Agrotecnologia.**, v. 42, n. 1, p. 58-68, 2018.

PROCTOR, R. R. The design and construction of rolled earth dams. **Engineering News Record.**, v. 3, p. 245-376, 1933.

RABOT, E.; WIESMEIERB, M.; SCHLÜTERA, S.; VOGELA, H. J. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. **Geoderma.**, Amsterdam, v. 314, p. 122–137, 2018.

ROCHA, S. P.; PREVEDELLO, J.; REINERT, D. J.; FLEIG, F. D.; VOGELMANN, E. S.; SOARES, J. C. W.; HEINZ, B. B. Propriedades físicas do solo e crescimento de eucalipto implantado em diferentes métodos de preparo do solo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 108, 2015.

SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MIRANDA, B. M. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal. **Colloquium Agrariae**, v.14, n.1, p. 01–15, 2018.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. edição revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, A. Y. O.; SILVA JÚNIOR, D. N.; FREIRE, M. M.; EMERENCIANO NETO, J. V.; MORAIS, E. G.; SILVA, G. G. C. Desenvolvimento radicular da rúcula a doses crescentes de carvão vegetal e manipueira. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1085-1095, 2020.

SILVA, R. B.; LIMA, J. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, F. A. M. Influência da adição de fósforo no índice de compressão e parâmetros de consistência de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.261-268, 2001.

SHAH, A. N.; TRAVEER, M.; SHAHZAD, B.; YANG, G.; FAHAD, S.; ALI, S.; BUKHARI, M. A. B.; TUNG, A. A.; HAFEEZ, A.; SOULIYANONH, B. Soil compaction effects on soil health and crop productivity: an overview. **Environ Science and Pollution Research**, v. 24, p.10056–10067, 2017.

SOUZA, F. V. A.; RIBEIRO, S. C. A.; SILVA, F. L.; TEODÓSIO, A. E. M. M. Resíduos da mandioca em agroindústrias familiares no nordeste do Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n.1, p.92-98, 2019.

SUMAN, P.A.; URBANO, L. H.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Efeitos de parâmetros de fermentação na produção de etanol a partir de resíduo líquido da industrialização da mandioca (manipueira). **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 4, p. 379-384, 2011.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. Rio de Janeiro (RJ): Embrapa Solos., 2017.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil science**, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934.

WARRICK, A.W., NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, **Academic Press.**, p. 319-344, 1980.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. **A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil.** Communications in soil science and plant analysis, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy.**, v. 28, n. 5, p. 337-351, 1936.

ANEXO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS ESTUDADOS (Prof. Oldair Vinhas Costa, informação pessoal)

Data: 07/02/2019

Descrito e coletado: Prof. Dr. Oldair Vinhas Costa

Classificação: **Argissolo Acinzentado**

Características do local:

- I. Localização: Perfil localizado em linha de drenagem no fundo da Escola Joaquim Medeiros a 400m do fundo da Escola; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
- II. Geologia: sedimento dentritico Lateritico, argiloarenoso período neogino;
- III. Coordenadas Geográficas: Long (489°, 831°) Lat (8°, 600, 274°);
- IV. Declividade: 8% de declividade;
- V. Cobertura vegetal sobre o perfil: Capoeira;
- VI. Relevo local: Suave ondulado;
- VII. Relevo regional: Plano a ondulado;
- VIII. Erosão: Não aparente;
- IX. Drenagem: Imperfeitamente drenado;
- X. Vegetação primária: Floresta tropical subperenifólia;

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

A: 0 -12 cm; brumo acinzentado escuro (10YR 4/2); franco argiloso- arenoso; granular, média, fraca a moderada e grãos simples; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plena e clara; poros comuns pequenos e média no A e AB.

AB: 12 – 23 cm; brumo escuro (10YR 3/3); argilo- arenoso; blocos subangulares moderada; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; poros comuns e pequenos; transição plana e gradual.

BA: 23-65 cm; brumo acinzentado escuro (25Y 4/2); argilo- arenoso; cor do mosqueado (5 YR 5/8), mosqueamento comum; pequeno; proeminente; maciço; muito dura; friável, plástico e pegajoso, transição plana e difusa.

B1: 65 – 133 cm; cor 25Y 4/2; mosqueado, brumo amarelado (10 YR 5/8) e vermelho amarelado (5YR/ 5/8); argila; média; proeminente; maciça e blocos subangulares grande e muito grande; franco; muito dura; friável e pegajoso; poros poucos e pequenos, transição plana e gradual.

B2: 133– 158 cm; cor (25Y 4/1), mosqueado (25Y 5/6); argila; pequeno, proeminente; poros muito pouco e pequeno; bloco subangulares muito grande; franco; friável a firme; muito plástico e pegajoso; transição gradual e ondulado.

B3: 133 – 190 cm+; cor Gley 1 cinza esverdeado(6/10 Y); mosqueado (25Y 6/8); argila; poros muito pouco e pequeno; bloco subangulares muito grande; franco; friável a firme; plástico e ligeiramente pegajoso.

Observações: Blocos subangulares médio e grande, franco e granular moderado e pequeno, ligeiramente duro a duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, raízes comuns e finas e médias no A e AB, poucas finas e médias do BA e B1, raízes poucas e fina no B2, presença de poucos seixos rolados na massa do solo, perfil descrito parcialmente úmido durante o período chuvoso, o lençol atinge os horizontes B1 e B2.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS ESTUDADOS

(Prof. Oldair Vinhas Costa, informação pessoal)

Data: 30/10/2018

Descrito e coletado: Prof. Dr. Oldair Vinhas Costa

Classificação: **Latossolo Amarelo distrocoeso típico;**

Características do local:

- I. Localização: Fazenda Experimental, Nordeste da sede 150 metros;
- II. Coordenadas Geográficas: Long (491, 058°) Lat (8, 600, 887);
- III. Geologia: sedimento dentritico Lateritico;
- IV. Relevo: Suave;

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

A: 0-13 cm; Cor – seca : 10YR 3/4, úmida : 10 Y R 4/3; 2), textura – (30; 5; 65); estrutura- blocos subangulares médio moderado; poros comuns, pequenos e médios; consistência – seca: ligeiramente dura, úmido: friável; molhado; ligeiramente plástico; pegajosidade: ligeiramente pegajosa; raízes finas e médias.

AB: 13- 35 cm; cor – seca :10 YR 4/4, úmida: 10 YR 4/4; 2) Textura – (35, 5, 60); estrutura – blocos subangulares, grande, fraco à moderado; poros comuns pequenos e médio; consistência - seca: ligeiramente dura á dura, úmido: friável, molhado: ligeiramente plástica, pegajosidade: ligeiramente pegajoso, raízes finas e médias. Observação: coesão na base do horizonte

BA: 35 – 64 cm; cor – seca : 10YR 5/4, úmida : 10YR 3/6; 2), textura – (45, 10,45); não possui estrutura; porosidade – poros poucos pequenos e médios, consistência secas: dura, úmido: friável, molhado : ligeiramente plástica, pegajosidade: pegajosa, raízes finas.

B1: 64 – 118 cm; cor – seca : 10 YR 5/6, úmido :10 YR 4/4; 2), textura- (50; 10; 40); não possui estrutura; porosidade – poros poucos e pequenos; consistência

– seca: dura, úmido: friável À firme, molhado : plástica pegajosidade:pegajosa; raízes finas.

B2: 118 – 162 cm; Cor – seca : 10YR 5/6, úmida: 10 YR 5/6; 2), textura – (30; 10; 60); estrutura- blocos subangulares muito grande e fraco; porosidade – poros poucos e pequenos; consistência – seca : ligeiramente dura a dura, úmido: friável à firme, molhado: plástico, pegajosidade- ligeiramente pegajoso; raízes poucas e finas.

B3: 162 – 188+; cor – seca: 10 YR 6/8, úmida: 10 YR 4/6; textura – (25; 10; 65); estrutura – blocos subangulares grande á muito grande e fraca à moderada; porosidade – poros poucos e pequenos; consistência- seca: ligeiramente dura a dura, úmida : friável, molhado; plástico, pegajosidade: pegajoso, raízes não observadas.

COR – Classificado de acordo o “ Sistema Munsell de cores”, que contempla o grau de intensidade de 3 componentes: Matriz, valor e croma.

Matiz: Espectro dominante da cor 9 vermelho (R); Amarelo (Y); Azul (B); Verde (G); Púrpura (P).

Valor: tonalidade da cor, varia do 0 (preto absoluto) á 9 branco absoluto) a carta de Munsell vai do 2 ao 8.

Croma: pureza relativa da cor, varia do 0 9 cores neutras e acinzentadas) e vai até o 20.

Textura: refere-se a proporção relativa das frações granulométricas: areia, siltio e argila. Ex 30; 10; 60 (30% de areia, 10% silte e 60% de argila).

Observações: Apenas para avaliação em campo. Para melhor comprovação é feito análise em laboratório (granulometria).

Exemplo: Classificação de campo