

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

VITÓRIA REGINA FAUSTINO DA SILVA

**GÊNESE DE LUVISSOLOS AO LONGO DE UMA
CLIMOSSEQUÊNCIA SOBRE ANFIBOLITO NO SEMIÁRIDO DE
PERNAMBUCO**

RECIFE

2018

Vitória Regina Faustino da Silva

Bacharel em Agronomia

Gênese de Luvissoles ao longo de uma climossequência sobre anfíbolito no semiárido de Pernambuco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior

**Recife
2018**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Nome da Biblioteca, Recife-PE, Brasil

S586g Silva, Vitória Regina Faustino da
Gênese de Luvisolos ao longo de uma climossequência sobre
anfíbolitos no semiárido de Pernambuco / Vitória Regina Faustino da
Silva. – 2018.
92 f. : il.

Orientador: Valdomiro Severino de Souza Júnior.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo,
Recife, Departamento de Agronomia, BR-PE, 2018.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Rochas metamórficas 2. Mineralogia do solo 3. Solos -
Classificação 4. Regiões áridas I. Souza Júnior, Valdomiro Severino
de, orient. II. Título

CDD 631.4

VITÓRIA REGINA FAUSTINO DA SILVA

Gênese de Luvisolos ao longo de uma climossequência sobre anfibólito no semiárido de Pernambuco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciência do Solo.

Aprovada em 28 de setembro de 2018.

Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza-Júnior
Orientador
Universidade Federal Rural De Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

Dr. Jean Cheyson Barros dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

À minha família e em especial
a minha mãe, Joselma Ferreira,
minha querida irmã Maria Joana
e ao meu noivo Tiago, por todo
amor, carinho e compreensão.
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar ao maior Mestre do Universo, **Deus**, pela oportunidade de realizar mais um sonho, de ter me dado a força necessária pra seguir em frente e sabedoria para lidar com as adversidades.

À **Universidade Federal Rural de Pernambuco** pela oportunidade e qualidade de ensino na graduação e pós-graduação em Ciência do Solo, além de todo o suporte para realização desse trabalho.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, a **CAPES** e a **FACEPE** pelo auxílio financeiro.

Agradeço aos meus pais e especialmente a minha mãe, **Joselma Ferreira Faustino**, por todo amor, compreensão e carinho. Mesmo sem entender meus sonhos nunca contestou, nem me desamparou, apenas me apoiou e orou dia e noite por mim. Amo você imensamente, Minha Vida.

A minha querida e amada irmã, **Maria Joana Faustino da Silva** (Jubinha) por todo amor, carinho e união. Ao apoio durante toda a minha caminhada, desde a graduação. Minha Professora. Amo você.

Ao meu noivo, **Tiago Cavalcanti Cordeiro**, que sempre me encorajou e acreditou no meu potencial. Seu amor me trouxe a este momento. Amo você imensamente.

A minha segunda mãe, **Tia Cristina**, por sempre estar do meu lado e pronta a me apoiar e aconselhar. Por todo ensinamento e orações. E ao seu esposo, **Paulo Sérgio** (Titio) por todas as risadas aos domingos.

Ao meu orientador prof. **Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior** pelo apoio, ensinamento e incentivo que fizeram dessa caminhada ser algo além do que eu imaginava, atuando sempre com boa vontade para esclarecer as dúvidas e nos direcionar para um crescimento científico. Agradeço imensamente por aceitar me orientar e acreditar em mim.

Ao meu co-orientador e professor **Dr. Jean Cheyson**, muito obrigada pelas orientações teóricas e práticas e por aceitar fazer parte da minha banca. E a sua esposa, **Cybelle** pela troca de experiências, tanto em sala quanto nos corredores.

Ao **Dr. José Coelho de Araújo Filho** por todos os ensinamentos e preciosa contribuição na realização dos trabalhos em campo e descrição morfológica dos perfis. Ao prof. **Dr. Marcelo Metri Corrêa** pela disponibilidade em me co-orientar nas análises micromorfológicas e pelas contribuições e colocações valiosas.

Agradeço imensamente a professora **Dra. Caroline Bionde** (Prof.^a Carol) e ao professor **Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho** por serem minha fonte de inspiração na área de solos.

Ao professor **Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho** por fazer parte da minha banca.

Aos professores da pós-graduação por todos os ensinamentos, em especial a professora **Giselle Fracetto** e **Felipe Fracetto** pela ajuda em campo e pelas orientações teóricas e práticas.

A funcionária mais “help” do programa, **Socorro** (Solos) e a **Pedro** (química) muito obrigada por toda ajuda e companheirismo em todos os momentos, a vida acadêmica seria muito difícil sem vocês.

Agradeço as minhas duas amigas queridas da graduação, **Marilya** e **Neila** por todas as palavras de apoio e otimismo.

E ao quarteto maravilhoso da pós-graduação **Juliet** (Julie), **Marilya** (Mari) e **Evaniely** (Evinha) por todo companheirismo, amizade, risadas, conforto, orações, momentos e troca de conhecimentos. Obrigada por tornarem meus dias mais leves.

Ao pós-doutorando **Laércio Neves** pela ajuda imensa com as análises de separação da argila em fina e grossa.

Agradeço imensamente a **Taíza Silva** (Filha) por todo apoio, paciência e disponibilidade nas análises laboratoriais.

Aos membros do grupo de pesquisa do Laboratório de Mineralogia do Solo: **Jane, Laércio, Jean, Nara, Stephany, Artur, Bia, Taíza, Ana Emília, Marilya e Juliet**, por toda amizade e ensinamentos.

Agradeço a **Mayame Brito** que por diversas vezes me ajudou esclarecendo minhas dúvidas com as análises e planilhas.

Agradeço a **Analice** e **Tarciso** pela atenção e esforço na confecção das lâminas para a análise micromorfológica, na unidade da UFRPE em Garanhuns.

Aos colegas de sala e de corredor **Mayame, Tiago, Petrônio, Victor, Luís, Janyelly** pelas risadas, conversas, brincadeiras no corredores, parcerias e trocas de ensinamentos, muito obrigada.

Agradeço ao **Dr. Wellington Marques** (Entomologia Agrícola) por ter me dado força pra fazer a prova do mestrado e ter me ajudado no meu trabalho de conclusão de curso (TCC).

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação.

MUITO OBRIGADA!

Gênese de Luvisolos ao longo de uma climosequência sobre anfíbolitos no semiárido de Pernambuco

RESUMO

Os Luvisolos são considerados como um grupamento de solos com B textural, fração argila de atividade alta e alta saturação por bases. São solos com evolução segundo atuação do processo de bissialitização conjugada à produção de óxidos de ferro e à mobilização de argila da parte superficial, com acumulações em horizontes subsuperficiais. No entanto estudos em Luvisolos têm apontado a formação de argila in situ (argilação) como principal processo de formação do Bt, no entanto, outros processos tais como argiluviação e descontinuidade litológica podem ser de importância comparável ou maior na criação de contraste textural, que caracteriza este grupamento de solos. Na região semiárida de Pernambuco a bissialitização torna-se o caminho de intemperismo predominante, com predominância de argilominerais 2:1 (esmectitas e ilita), 1:1 (caulinita), com ilita interestratificada com esmectitas. A fersialitização e a rubificação foram descritas como os processos pedogenéticos mais marcantes. Sendo assim, este estudo buscou compreender a gênese de argilominerais e do contraste de textura de Luvisolos do semiárido de PE, avaliando a morfologia, mineralogia e micromorfologia ao longo de um transecto no semiárido de Pernambuco, formados a partir da alteração de anfíbolitos, assim como classificar os solos de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) e WRB/FAO. Levou-se em consideração as seguintes características: estar inserido no semiárido Pernambucano, vegetação nativa ou secundária, sem qualquer tipo de influência ou ação antrópica, embasamento cristalino metamórfico máfico (particularmente anfíbolitos). A análise micromorfológica das seções finas indicou que não há pedofeições de iluviação de argila, assim a formação de argila in situ (argilação) o responsável pelo contraste de textura nestes perfis. O Perfil 1 localizado em Itacuruba (PE) foi classificado como Luvisolo Crômico Órtico salino vertissólico solódico (*Chromic Vertic Luvisol (hypereutric, protosalic, sodic)*), perfil 2 como Luvisolo Crômico Órtico vertissólico (*Chromic Vertic Luvisol (hypereutric)*) e o perfil 3 como Luvisolo Crômico Órtico típico (*Chromic Luvisol (hypereutric)*). O Perfil 1 não se enquadrou em uma classe catalogada no SiBCS, constituindo uma nova classe de Luvisolo.

Palavras-chave: Rochas metamórficas. Mineralogia do solo. Semiárido. Classificação do solo.

Genesis of Luvisols along a climosequence on amphibolites in Pernambuco semi-arid region

ABSTRACT

The Luvisols are considered as a grouping of soils with textural B, clay fraction of high-activity clays, high base status. They are soils with evolution according to the performance of the bivalent iron process combined with the production of iron oxides and the mobilization of clay from the superficial horizon, with accumulations in subsurface horizons. Studies in Luvisols have indicated the formation of clay in situ (argillation) as the main process of formation of Bt, however other processes such as argiluviation and lithologic discontinuity may be of comparable or greater importance in the creation of textural contrast, which characterizes this grouping of soils. In the semi-arid region of Pernambuco, bivalent iron becomes the predominant weathering path, with predominance of clay minerals 2: 1 (smectite and illite), 1: 1 (kaolinite), with illite interstratified with smectites. Ferruginization and rubification were described as the most outstanding pedogenetic processes. Thus, this study sought to understand the genesis of clay minerals and texture contrast of Luvisols of the semi-arid region of Pernambuco (Brazil), evaluating the morphology, mineralogy and micromorphology along a transect in the semi-arid formed from the amphibolite alteration, as well as classify soils according to the Brazilian Soil Classification System (SiBCS) and WRB / FAO. The following characteristics were considered: being inserted in the semi-arid Pernambucano, native or secondary vegetation, without any kind of influence or anthropic action, mafic metamorphic crystalline basement (particularly amphibolites). The micromorphological analysis of the thin sections indicated no pedofeatures of clay illuviation thus the formation of clay in situ (argillation) responsible for the texture contrast in these profiles. Profile 1 located in Itacuruba (PE) was classified as Luvisolo Chromic Orthic vertissolic solodic saline (WRB- *Chromic Vertic Luvisol (hypereutric, protosalic, sodic)*), profile 2 as Luvisolo Chromic Orthic vertissolic (*Chromic Vertic Luvisol (hypereutric)*) and profile 3 as Luvisolo Chromic Orthic typical (*Chromic Luvisol (hypereutric)*). Profile 1 did not fit into a class cataloged in SiBCS, constituting a new class of Luvisolo.

Keywords: Metamorphic rocks. Soil mineralogy. Semi-arid. Soil classification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da nova delimitação do Semiárido brasileiro.....	24
Figura 2 – Climatologia da precipitação anual da Região Nordeste do Brasil.....	25
Figura 3 – Área de ocorrência do Bioma Caatinga	27
Figura 4 – Dados climáticos mensais relativo à média dos anos regulares nas três regiões: Itacuruba 24 anos; Serra Talhada 65 anos; Afogados da Ingazeira 33 anos	35
Figura 5 – Localização dos três perfis representando uma climossequência, no sentido nordeste – sudeste: Afogados da Ingazeira, Serra Talhada e Itacuruba, respectivamente	36
Figura 6 – Fotos dos procedimentos de amostragem (da esquerda superior à direita inferior): armazenamento das amostras em sacos de coleta de 3kg em Itacuruba; retirada das amostras dos horizontes; amostras indeformadas (torrões); coleta utilizando anel volumétrico.	37
Figura 7 – Aspectos gerais do relevo e vegetação das áreas de estudos. Superior esquerdo: relativo ao P01, no município de Itacuruba; superior direito: P03, município de Afogados da Ingazeira; centro inferior: P02, Serra Talhada.....	38
Figura 8 – Fotografias dos três perfis de solo.....	49
Figura 9 – Difratoformas de raios X das areias grossa.	55
Figura 10 – A) Difratoformas de raios X da Fração argila natural dos Perfis 1 e 2; B) Difratoformas de raios X da Fração argila natural do Perfil 3.....	56
Figura 11 – Difratoformas de raios X das argilas desferrificadas e saturadas com K e Mg, e solvatadas com glicerol, do horizonte A dos três perfis	58
Figura 12 – Difratoformas de raios X das argilas desferrificadas e saturadas com K e Mg, e solvatadas com glicerol, do horizonte Bt dos três perfis	59
Figura 13 – A) Difratoforma de raios X da fração argila total (saturadas com Mg-Gli) e da fração argila fina (saturadas com Mg-Gli) do P1 e P2. B) – Difratoforma de raios X da fração argila total (saturadas com Mg-Gli) e da fração argila fina (saturadas com Mg-Gli) do P3	61
Figura 14 – Grãos de quartzo em diferentes tamanhos no P2, horizonte Btvz xpl. A) Formato alongado e subangular; B) Formato entre subesférico a esférico e angular	62
Figura 15 – Fotomicrografias do horizonte Bt. A) Hornblenda, P1, grau de alteração 1, ppl.; B) Hornblenda, P3, produto de alteração vermelho intenso semelhante ao solo adjacente, grau de alteração 4, ppl.; C) Hornblenda em diversos estágios de alteração, P3, ppl.; D) Biotita alterada, P3,ppl.....	63
Figura 16 – Fotomicrografia do horizonte Bt, P1, microestrutura em blocos angulares e subangulares, moderada pedalidade	64
Figura 17 – Fotomicrografias de Excrementos antigos, P1, ppl.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas dos pontos	37
Tabela 2 - Atributos morfológicos dos solos estudados	46
Tabela 3 - Atributos físicos dos solos estudados	47
Tabela 4 - Atributos Químicos dos solos estudados.....	52
Tabela 5 - Extração seletiva de ferro dos solos estudados	53
Tabela 6 - Valores semiquantitativos de óxidos determinados por FRX dos solos estudados.....	54
Tabela 7 – Atributos micromorfológicos dos três horizontes B textural.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

FAO - Food and Agriculture Organization.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

MMA- Ministério do Meio Ambiente.

SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

WRB - World Reference Base.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Hipótese.....	22
1.2 Objetivo Geral.....	22
1.3 Objetivos Específicos.....	22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 O Semiárido brasileiro.....	23
2.2 Solos do Bioma Caatinga.....	26
2.3 O Fator Clima x Pedogênese.....	27
2.4 Luvisolos.....	29
2.4.1 Definição e área de ocorrência.....	29
2.4.2 Atributos e gênese de Luvisolos.....	30
2.4.3 Mineralogia e Micromorfologia de Luvisolos.....	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
3.1 Descrição da área de estudo.....	33
3.2 Seleção de perfis, descrição e amostragem.....	36
3.3 Análises Físicas.....	38
3.4 Análises Químicas.....	39
3.5 Extração Seletiva de Ferro.....	40
3.6 Análise da composição química total.....	40
3.7 Análise Mineralógica.....	41
3.8 Análise Micromorfológica.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
4.1 Atributos morfológicos e físicos.....	44
4.3 Atributos Químicos.....	50
4.4 Atributos Mineralógicos.....	54
4.5 Atributos Micromorfológicos.....	61
4.6 Classificação dos Solos.....	67
4.6.1 Classificação dos solos pelo sistema brasileiro (SiBCS).....	67
4.6.2 Classificação dos solos pelo sistema da FAO (WRB).....	67
5 CONCLUSÕES.....	68
6 REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICE	

1 INTRODUÇÃO

A importância do clima na gênese do solo e na evolução da paisagem é aceita há mais de um século. A relação dos tipos de paisagem com o clima foi discutida por Davis (1899) e muitos outros antes dele. O clima é apontado como um dos fatores importantes para o desenvolvimento de padrões regionais de solo. Como fator na gênese do solo, o clima fornece dois dos componentes mais significativos que afetam os processos de formação do solo: água e temperatura. Desde que a identificação do clima como um fator de formação do solo tem sido fundamental para a compreensão da gênese, compreendeu-se que em diferentes intensidades de intemperismo dão origem a solos distintos.

No semiárido nordestino, a escassez hídrica contribui para diminuição da velocidade e intensidade dos processos pedogenéticos, resultando em solos pouco desenvolvidos, rasos ou pouco profundos, cascalentos ou pedregosos e/ou relativa abundância de minerais primários alteráveis e argila de alta atividade. Essas condições climáticas favorecem a presença de solos pouco lixiviados, quimicamente ricos, pouco ácidos e ligeiramente alcalinos ou até mesmo com teores elevados de sais solúveis e de sódio trocável.

Os Luvisolos possuem uma maior expressividade em regiões como o semiárido nordestino (antigos Bruno Não-Cálcicos). São desenvolvidos a partir de rochas ricas em minerais ferro-magnesianos (por exemplo, biotita e anfibólios) do Pré-Cambriano. O horizonte B textural que caracteriza este solo seria devido a um incremento de argila em subsuperfície, orientada ou não, desde que não exclusivamente por descontinuidade de material originário, podendo ser por processos de iluviação e/ou formação in situ e/ou herdada de material de origem e/ou infiltração de argila ou argila mais silte. No entanto, os estudos em Luvisolos têm apontado a formação de argila in situ (argilação) como principal processo de formação do Bt, aliado ao processo de fersialitização e rubificação.

Acredita-se que há uma forte correlação espacial entre a distribuição do intemperismo hidrolítico e as condições pedoclimáticas, no semiárido nordestino. Durante os períodos de chuvas fortes, aliada a uma boa drenagem do Luvisolo no estado de Pernambuco, provavelmente aumenta a taxa de pedogênese.

No entanto, estudos mais detalhados com Luvisolos, tanto mineralógicos quanto micromorfológicos, em ambiente de semiárido e ao longo de um gradiente pluviométrico são escassos.

1.1 Hipótese

Por considerar que ao longo da província da Borborema (Depressão Sertaneja e Planalto da Borborema) no sentido nordeste - sudeste há um gradiente climático, as seguintes hipóteses são:

I – Os Luvisolos formados na porção mais seca apresentam o caráter vértico mais expressivo, com predomínio da estrutura prismática no horizonte B em relação aos solos da porção menos seca;

II – A rota de alteração da rocha ao solo é semelhante ao longo do gradiente, porém ocorrendo um maior domínio de minerais cauliníticos e, ou interestratificados, com predomínio de caulinita, além de maior relação goethita/hematita nos Luvisolos da porção menos seca;

III – A origem do gradiente textural de Luvisolos na Depressão Sertaneja se deve basicamente à formação de argila in situ, enquanto em Luvisolos no Planalto se deve à argiluviação e formação de argila in situ.

1.2 Objetivo Geral

Compreender a gênese de Luvisolos, avaliando os atributos morfológicos, físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos ao longo de uma climossequência, formados a partir da alteração de anfíbolito.

1.3 Objetivos Específicos

- Elucidar os prováveis mecanismos/processos pedogenéticos envolvidos na gênese do horizonte B textural das áreas estudadas;
- Descrever os perfis morfologicamente;
- Determinar a composição mineralógica das frações areia, silte e argila;
- Determinar os teores totais dos elementos maiores (Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti e Zr) e calcular o CIA, Ki e Kr;
- Determinar a micromorfologia dos perfis estudados;
- Construir uma rota de alteração impélica da rocha ao solo, associando a alteração de minerais primários com os minerais secundários presentes nos solos que foram estudados;
- Classificar os solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo e com a FAO/WRB;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Semiárido brasileiro

O Nordeste do Brasil possui uma área de 1,56 milhão de km² (18,2% do território nacional), a qual comporta a maior parte do Semiárido brasileiro, que é composto por 1.262 municípios, compreendendo os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (Figura 1). Os critérios adotados para delimitar o Semiárido brasileiro foram a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; o índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e o percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano. (IBGE, 2018; SILVA et al., 2010).

O Semiárido brasileiro é caracterizado por apresentar forte insolação, temperaturas relativamente altas e um regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto espaço de tempo, em média, de três a quatro meses, apresentando volumes de água insuficientes em seus mananciais para atendimento das necessidades da população. (SILVA et al., 2010).

O relevo se encontra na classe de ondulado, suave ondulado a forte ondulado, as altitudes variam de 250 a 600 metros, mas pode chegar a 800 metros (JACOMINE et al., 1973). Cerca de 37% da área é de encostas com 4% a 12% de inclinação e 20% das encostas têm inclinação maior que 12%, o que determina uma presença marcante de processos erosivos nas áreas antropizadas (SILVA et al., 2010).

A geologia e o material de origem exercem grande papel na formação dos solos do Semiárido, em função da grande diversidade litológica. Segundo Jacomine (1996), destacam-se na região: áreas do cristalino, com predomínio de gnaisses, granitos, migmatitos e xistos e áreas do cristalino recoberto por materiais arenosos ou argilosos; áreas sedimentares com sedimentos aluviais recentes, relacionados ao período Holoceno; sedimentos predominantemente arenosos e calcários relacionados ao período cretáceo ou mais recente; sedimentos arenosos e arenoargilosos e capeamentos de materiais da mesma natureza relacionados ao Terciário; arenitos e mistura destes com sedimentos mais argilosos relacionados ao Devoniano médio e inferior e ao Siluriano (CUNHA et al., 2010).

Segundo Marengo (2008) no norte da Região Nordeste, abrangendo a maior parte do Semiárido, o principal período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro e maio. Essa região é bastante conhecida, pois é onde ocorrem as maiores secas. O mais importante sistema

causador de chuvas nesta sub-região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O período seco varia de 6 a 8 meses, podendo atingir até 11 meses sem chuvas nas áreas de aridez mais acentuadas (JACOMINE, 1996). As temperaturas médias anuais variam entre 23 °C e 27 °C, com desvio médio mensal menor que 5 °C e variações diárias entre 5 °C e 10 °C (CUNHA et al., 2010).

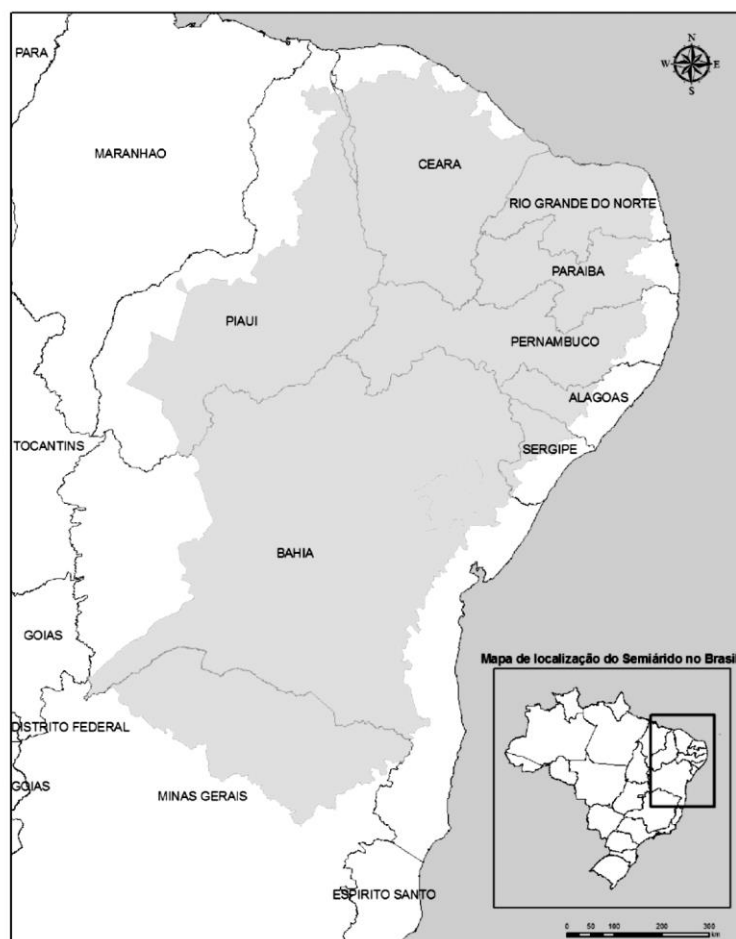


Figura 1 – Mapa da nova delimitação do Semiárido brasileiro. Fonte: Brasil (2005)

Em paisagens semiáridas, os solos estão vinculados à vegetação Caatinga que, em suas várias formas de vegetação xerófila, lenhosa e decidual (em geral espinhosa e com cactáceas), reflete as condições de clima existente. Em torno de doze tipos de caatinga ocorrem no semiárido nordestino. No entanto, o percentual de vegetação primária é mínimo, predominando a ocorrência de caatinga nos mais diversos estádios de sucessão secundária, em virtude da atividade antrópica. Sem contar que extensas áreas da caatinga se encontram em adiantada fase de degradação, já em pleno início de desertificação (ARAÚJO FILHO, 2000).

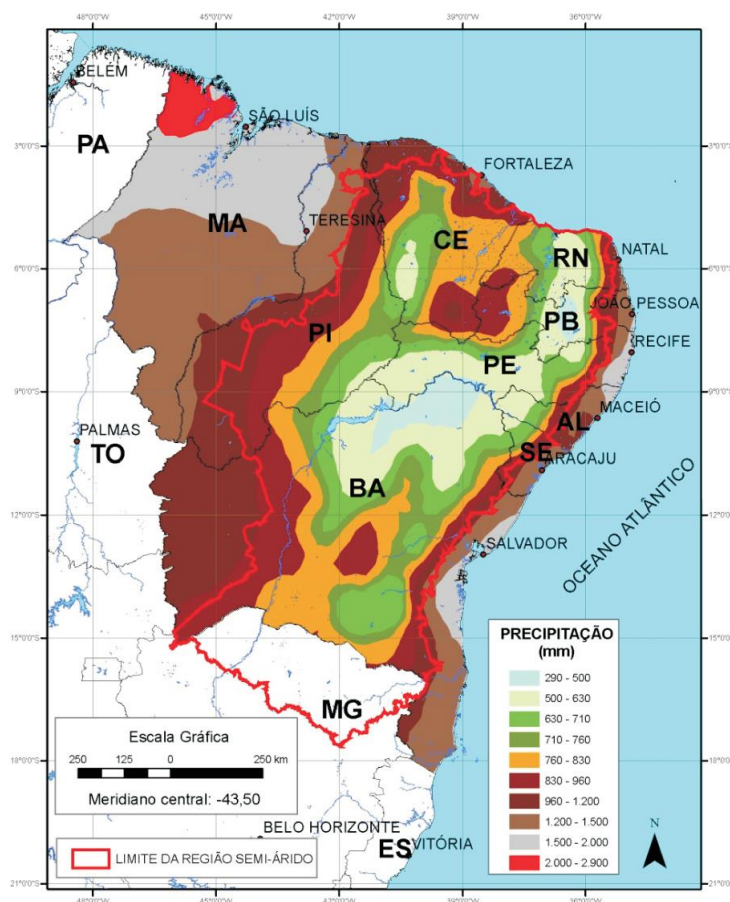


Figura 2 – Climatologia da precipitação anual da Região Nordeste do Brasil. Fonte: Moura et al., (2007)

O Semiárido brasileiro é a área semi-árida mais povoada do mundo e, em função das adversidades climáticas, associadas a outros fatores históricos, geográficos e políticos, que remontam centenas de anos, abriga a parcela mais pobre da população brasileira, com ocorrência de graves problemas sociais (NORDESTE, 1999).

Tal área no ano 2014, segundo o Sigsab (Sistema de Gestão da Informação e do Conhecimento do Semiárido), baseado nos dados populacionais dos municípios do IBGE do mesmo ano, registrava mais de 23,5 milhões de habitantes, representando um crescimento populacional de mais de 5% desde 2010 (BRASIL, 2018). Grande parte da população que vive nessa área está diretamente vinculada a atividades agropastoris e busca seu sustento sobre a base de recursos naturais existentes em suas propriedades ou no entorno destas. Tais atividades são altamente dependentes da chuva e, em razão das adversidades climáticas, com ciclos de secas acentuados, resultam em forte degradação ambiental. (SILVA et al., 2010).

2.2 Solos do Bioma Caatinga

A Caatinga é o ecossistema que recobre 11% do território brasileiro e 70% da região Nordeste. Nesta extensão, estão incluídos os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e de Pernambuco, sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e de Sergipe, região central da Bahia e parte do norte de Minas Gerais (Figura 3). Com uma área de 826.411km², este bioma é considerado de importância biológica, pois é o único de ocorrência geográfica restrita ao Brasil. (KILL, 2018). Para fins de levantamentos de solos, as caatingas são divididas em hipoxerófila e hiperxerófila, sendo esta última mais seca que a primeira (JACOMINE, 2000).

As precipitações pluviométricas são muito irregulares, com médias anuais variando de 300 a 700 mm, e concentradas somente em poucos meses do ano. O ar é muito seco e quente, e a água disponível para a vegetação é escassa, por causa das poucas chuvas e pelo fato de os solos serem muito rasos e/ou salinos (LEPSCH, 2011).

Por refletirem seus fatores e processos de formação, os solos são grandes indicadores da variabilidade ambiental e, por conseguinte, são excelentes estratificadores do meio natural.

De acordo com Jacomine (2002) são predominantemente Neossolos (Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Quartzarênicos) ocupando uma área superior a 30% da região da Caatinga, seguido dos Latossolos, que ocupam aproximadamente 21% da área, e de Argissolos (15%), Luvisolos (14%), Planossolos (10%) e em menor expressão os Cambissolos, Vertissolos e Chernossolos entre outros. Salcedo e Sampaio (2008) apontaram que quatro ordens de solo (Latosolos - 19%; Neossolos Litólicos - 19%, Argissolos - 15% e Luvisolos - 13%), de um total de 15 tipos de solo, ocupam 66% das áreas sob caatinga, embora estejam espacialmente fracionadas. Araújo Filho (2011) afirma que os solos que se destacam em termos de expressão geográfica no contexto do bioma caatinga são os Latossolos, Argissolos, Planossolos, Luvisolos e Neossolos. Em baixas proporções têm-se os Nitossolos, Chernossolos, Cambissolos, Vertissolos e Plintossolos (ARAÚJO FILHO, 2011).

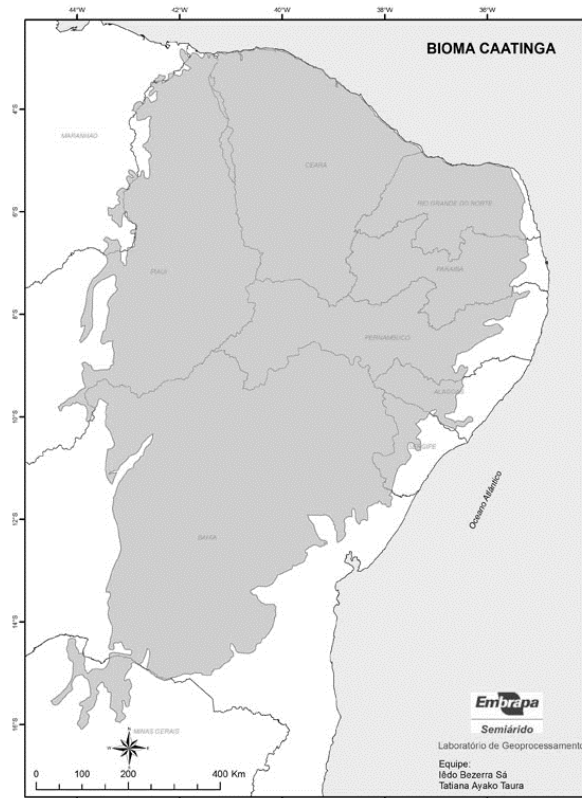


Figura 3 – Área de ocorrência do Bioma Caatinga. Fonte: IBGE. Mapa: Tatiana Ayako Taura, 2010

2.3 O Fator Clima x Pedogênese

A formação de solo é o resultado de uma grande variedade de processos que envolvem constituintes orgânicos e inorgânicos que operam sinergicamente para alterar materiais de origem consolidados ou não. Esses processos são processos fundamentais que contribuem para o desenvolvimento dos horizontes do solo. A variabilidade na natureza e a taxa na qual os processos de formação do solo operam é fundamentalmente controlada pelos fatores de formação do solo: clima, organismos, relevo, material de origem e tempo (DIXON, 2013 apud. JENNY, 1941).

O fator clima foi definido, originalmente, como o clima regional, embora o clima o qual o solo seja influenciado pela cobertura vegetal entre o solo e a atmosfera, inclinação do relevo e muitos outros fatores (SCHAETZL, 2005).

A importância do clima na gênese do solo e na evolução da paisagem é aceita há mais de um século. A relação dos tipos de paisagem com o clima foi discutida por Davis (1899) e muitos outros antes dele. Dokuchaev (1883) apontou como um dos fatores importantes para o desenvolvimento de padrões regionais de solo. Como fator na gênese do solo, fornece dois dos

componentes mais significativos que afetam os processos de formação do solo: água e temperatura (energia) (BUOL et al., 2011).

Desde que a identificação precoce do clima como um fator de formação tem sido fundamental para a compreensão da gênese do solo, compreendeu-se que diferentes intensidades de processos, resultantes da interação clima-vegetação, dão origem a solos diferentes (HALL et al., 1983). Deepthy e Balakrishnan (2005) reforçam que minerais primários dão origem a diferentes minerais secundários quando as condições de intemperismo diferem. Assim, tipos similares de rochas submetidas a intemperismo em diferentes condições climáticas podem dar origem a perfis de intemperismo distintos.

Os horizontes argílicos são indicadores de regiões sub-úmidas e úmidas com alternância de períodos úmidos e secos; horizontes espódicos sugerem climas frios e úmidos; horizontes óxicos são geralmente encontrados em zonas de elevada pluviosidade e altas temperaturas; e os cálcicos, petrocálcicos e duripãs ocorrem nos solos das regiões áridas. Essas associações de horizonte-clima são apenas uma primeira aproximação, porque a influência da topografia local, tempo de exposição e outros fatores tornam complexa a relação (HALL et al., 1983). No entanto, os valores médios de precipitação têm apenas uma relação regional com a formação do solo. Dentro de uma zona climática, a posição topográfica altera muito a proporção da precipitação que entra no solo ou, inversamente, flui sobre a superfície do solo em qualquer local. É importante reconhecer que apenas uma parte da precipitação total que chega a superfície se infiltra no solo, se move através de todo o perfil (BUOL et al., 2011).

A estabilidade de minerais secundários variam com a precipitação dentro de um regime de temperatura específico. Solos quentes, áridos e semiáridos incluem minerais secundários compreendendo oxihidróxidos de Fe cristalinos e filossilicatos que incluem desde esmectita dioctaedral a interestratificados esmectita-caulinita e caulinita ou haloisita desidratada/hidratada de precipitação anual crescente (RASMUSSEN et al., 2010 apud SINGER, 1966; GRAHAM; FRANCO VIZCAINO, 1992; RIGHI et al., 1999; DEKAYIR, EL-MAATAOUI, 2002; SINGER et al., 2004; MIRABELLA et al., 2005; ABAYNEH et al., 2006; BARBERA et al., 2008; EGLI et al., 2008).

É comum o estudo das climossequências ao longo de uma encosta ou dentro de uma cadeia de montanhas onde a temperatura do ar fica, previsivelmente, mais baixa e a demanda evapotranspirativa diminui, à medida que a altitude aumenta e precipitação/umidade também muda. Tal ambiente proporciona uma escala climática “apertada” que, geralmente, tem um bom controle da litologia e do relevo, por exemplo, os solos de zonas alpinas (SCHAETZL, 2005).

Quando traz para o contexto de Brasil, estudos de gênese de solos como indicadores da mudança ambiental na região semiárida no nordeste do Brasil estão mais frequentes, já que são poucos os trabalhos que trata do intemperismo de rocha e formação de solo em escala de paisagem. Bértad (2012) desenvolveu uma pesquisa no maciço de Baturité (Ceará, NE Brasil) e nas zonas de planalto cujo objetivo foi caracterizar os aspectos morfológicos, geoquímicos e variações mineralógicas nas propriedades do solo em função da topografia e do clima e descreveram quais os principais processos envolvidos na formação de argilominerais dos perfis escolhidos. Trabalho semelhante foi desenvolvido por Barbosa et al. (2014) na mesma região, no qual mostram algumas diferenças entre as encostas úmidas e secas, de acordo com o processo envolvido na formação de minerais de ferro.

No semiárido nordestino, a escassez hídrica contribui para diminuição da velocidade e intensidade dos processos pedogenéticos, resultando em solos pouco desenvolvidos, rasos ou pouco profundos, cascalhentos ou pedregosos e/ou relativa abundância de minerais primários alteráveis e argila de alta atividade. Essas condições climáticas favorecem a presença de solos pouco lixiviados, quimicamente ricos, pouco ácidos e ligeiramente alcalinos ou até mesmo com teores elevados de sais solúveis e de sódio trocável. Tais condições também favorece a eflorescência salina, comuns em áreas onde a evapotranspiração potencial excede a precipitação pluviométrica (OLIVEIRA et al., 1992).

Estudos em distâncias curtas, torna-se possível realizar relativamente poucas observações, mas muito próximas, bem como evitar grandes variações litológicas. Transectos curtos constitui um laboratório natural para examinar os efeitos do clima (principalmente das precipitações pluviométricas) na evolução das formas terrestres; condensa questões geomorfológicas consideravelmente amplas sobre os processos de planação na evolução da paisagem tropical (GUNNELL; BOURGEON, 1997).

2.4 Luvisolos

2.4.1 Definição e área de ocorrência

Os Luvisolos são considerados como um grupamento de solos com B textural, com argila de atividade alta e alta saturação por bases. São solos com evolução segundo atuação do processo de bissialitização conjugada à produção de óxidos de ferro e à mobilização de argila da parte mais superficial, com acumulações em horizontes subsuperficiais. Subdividem-se em Luvisolos Crômicos e Luvisolos Háplicos (EMBRAPA, 2018). Segundo a WRB/FAO (2014)

são solos com maior teor de argila em subsuperfície do que no horizonte superficial, como resultado de processos pedogenéticos (especialmente migração de argila) levando a um “horizon argic” (argilas de alta atividade está presente em todo horizonte e uma saturação de base elevada na profundidade de 50-100 cm).

Esse grupamento de solos se estende por 500-600 milhões de hectare no mundo inteiro, principalmente em regiões temperadas tais como na planície do leste europeu e em partes da planície da Sibéria ocidental, do nordeste dos Estados Unidos e da Europa Central, mas também na região Mediterrânea e no sul da Austrália. Nas regiões subtropicais e tropicais, os Luvisolos ocorrem principalmente em superfícies jovens (WRB/FAO, 2014). A maioria dos Luvisolos são conhecidos em outros países como *Luvisols* (WRB), alguns como *Alfisols/Aridisols* (Soil Taxonomy), *Soils Lessivé* (França), *Chromosols* (Austrália) e *Gray Brown Podzolic* (antiga classificação dos EUA) (LEPSCH, 2011).

Os Luvisolos ocupam 225,6 mil km² no território brasileiro e 107 mil km² só no Nordeste, representando aproximadamente 47% do total. (COELHO et al., 2002). No estado de Pernambuco ocupam uma área de aproximadamente 10,6 mil km² (LUZ et al., 1992).

Possuem uma maior expressividade em regiões como o semiárido nordestino (antigos Bruno Não-Cálcicos), Região Sul (antigos Podzólicos Bruno Acinzentados eutróficos) e mesmo na região Amazônica, Estado do Acre (antigos Podzólicos Vermelho-Amarelos e Vermelho-Escuros eutróficos com argila de atividade alta) (IBGE, 2017).

No semiárido de Pernambuco, esses solos quando ocorrem em superfícies de relevo ondulado ou suave ondulado aliado à intensa erosão hídrica, com ciclos de transporte e acúmulos de material dos solos, é possível encontrar perfis truncados ou que tenham seus horizontes superficiais desenvolvidos a partir destes acúmulos (materiais retrabalhados). Essa tendência pode ser visualizada quando há uma acumulação de calhaus desarestados em horizontes profundos, indicando tal transporte e acumulação (LUZ et al., 1992).

São desenvolvidos a partir de rochas ricas em minerais ferro-magnesianos (biotita e anfibólios) do Pré-Cambriano. Menos frequentemente, são derivados de filitos, folhelhos e/ou siltitos. Sendo assim, as rochas básicas são os principais litotipos que dão origem aos Luvisolos em ambiente cristalino.

2.4.2 Atributos e gênese de Luvisolos

O horizonte B textural que caracteriza este solo seria devido a um incremento de argila em subsuperfície, orientada ou não, desde que não exclusivamente por descontinuidade de

material originário, podendo ser por processos de iluviação e/ou formação *in situ* e/ou herdada de material de origem e/ou infiltração de argila ou argila mais silte (EMBRAPA, 2013). Tais contrastes de textura podem ser herdados do material de origem ou por deposição de material, no entanto outros processos tais como argiluviação e descontinuidade litológica podem ser de importância comparável ou maior na criação de contrastes texturais (PHILLIPS, 2004). Os estudos em Luvisolos têm apontado a formação de argila *in situ* (argilação) como principal processo de formação do Bt (LUZ et al., 1992; IBRAIMO et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2008). Em alguns solos, a iluviação da argila é significativa, enquanto que em outros é ofuscada pela formação *in situ* (SOIL TAXONOMY, 1999).

A diferença textural entre horizontes superficiais e subsuperficiais em Luvisolos dos Sertões Pernambucano e Paraibano, com base em observações micromorfológicas, pode ser atribuída ao processo de remoção preferencial de argilas dos horizontes superficiais. Este processo parece ser favorecido pelo regime climático da região sertaneja e escassa proteção oferecida pela vegetação durante a maior parte do tempo, especialmente no início do período chuvoso, em associação com a baixa condutividade hidráulica dos horizontes subsuperficiais, condições estas que favorecem o processo de escoamento superficial (OLIVEIRA et al., 2008).

Solos argilosos, principalmente, em que predominam argilas de alta atividade, os sinais de argiluviação algumas vezes são ofuscados devido as pedoturbações resultantes de processos de expansão e contração decorrentes das mudanças de umidade (OLIVEIRA et al., 2008). Luz et al. (1992) também não observaram argilãs de iluviação na matriz do solo, que para eles possa ser devido à atividade alta das argilas que normalmente destroem os argilãs. Para Rice et al. (1985), mesmo que os argilãs sejam descritos no campo e o teor de argila fina mostre um aumento significativo, poucas características indicativas de argila translocada opticamente orientada podem não ser encontradas na análise de seção fina. Se presente, estas argilas translocadas, por transportes de água, tendem a formar películas, com orientação paralela às superfícies que revestem, ao contrário das argilas formadas *in situ*, que apresentam orientação desordenada (EMBRAPA, 2013).

Oliveira et al. (2008) afirmaram que a transformação e neoformação de minerais secundários, o desenvolvimento de estrutura (pedalidade) e a colorização dos horizontes em Luvisolos como sendo os principais processos pedogenéticos evidenciados nestes perfis, corroborado pelos estudos micromorfológicos, não havendo evidências de argiluviação. Luz et al. (1992) observaram que uma das características micromorfológicas marcantes que podiam ser observadas foi a presença de biotita em diversos estádios de intemperização, promovendo formação *in situ* de argilas. Solos desenvolvidos a partir de micaxisto os grãos minerais são

compostos de biotita, quartzo e feldspatos alcalinos e alcalinos terrosos; a biotita, frequentemente, exibe feições de alteração (OLIVEIRA et al., 2009).

Os Luvisolos vermelhos são típicos de um processo fersialítico que envolve altos teores de “ferro livre” (BÉTARD, 2012) e com pouca sílica perdida, a saturação por bases permanece alta e os horizontes Bt são enriquecidos de argilas 2:1 (SCHAETZL, 2005). A rubificação é outro processo pedogenético que pode estar associado à formação da maioria dos Luvisolos do semiárido, pois o horizonte B é mais avermelhado do que os horizontes superficiais e do que o saprólito (OLIVEIRA, 2007). Fatores importantes para a rubificação incluem: boa aeração, temperaturas elevadas, material rico em minerais contendo ferro, uma estação chuvosa suficiente para permitir o crescimento de microorganismos, especificamente as que metabolizam ferro (SCHAETZL, 2005).

No entanto, Oliveira (2007) ao estudar solos do semiárido Paraibano e de Pernambuco afirmou que, apesar da coloração avermelhada dos Luvisolos em questão, a goethita foi o principal óxido de ferro cristalino e hematita ocorrendo em menores quantidades. Tal observação foi atribuída a um déficit hídrico elevado nestas regiões em estudo, a baixa taxa de liberação de ferro da estrutura cristalina dos minerais, restringindo a formação de hematita pedogênica. Embora o Al_2O_3 seja incolor, ele também está correlacionado com as cores vermelhas, uma vez que os teores de Fe_2O_3 e Al_2O_3 são frequentemente correlacionados positivamente (SCHAETZL, 2005).

2.4.3 Mineralogia e Micromorfologia de Luvisolos Crômicos

A bissialitização torna-se o caminho de intemperismo predominante no semiárido nordestino, com os minerais primários mais alteráveis sendo intemperizados a minerais secundários de alta carga. Cristais de plagioclásio podem exibir numerosas cavidades de dissolução, a partir das bordas em direção ao centro, preenchidas por ilita (mica pedogenética na fração argila) neoformada (BÉTARD, 2009). Este processo de formação de minerais de argila por precipitação de soluções supersaturadas do solo é um fenômeno comum (VAN BREEMEN; BUURMAN, 2002). Bétard et al. (2012), em um estudo na região de Canidé (Ceará), observaram que no perfil de Luvisolo Crômico prevalecia argilominerais de alta carga 2:1 (esmectitas e ilita). Notaram que as esmectitas foram maioria na assembleia de argilominerais do solo e as proporções aumentavam em profundidade, enquanto que a caulinita parecia prevalecer em superfície. Ibraimo et al. (2004) também relataram que na fração argila

dos Luvissoles, caulinita e esmectitas mostraram-se dominantes, com ilita (mica) interstratificada com esmectita e goethita subordinadas.

Luz et al. (1992), identificaram que na fração argila, caulinita, esmectitas e uma interstratificação irregular, mas também uma tendência de aumento na ocorrência de caulinita e diminuição de esmectitas na direção dos horizontes superficiais. Essa tendência tanto pode ser devido a intemperização de esmectitas formando caulinitas na direção dos horizontes superficiais, como pode ser produto da eluviação preferencial das esmectitas em relação as caulinitas. Neste mesmo estudo, constatou-se também que pode haver formação rápida de vermiculitas trioctaedrais a partir do intemperismo da biotita e posteriormente formando as esmectitas.

Barbosa et al. (2014) com base na descrição de seções delgadas, não encontrou feições que sustentasse a translocação de argila como processo responsável pelo contraste de textura (isto é, revestimentos de argila iluvial). Neste caso, as superfícies brilhantes observadas na análise macromorfológica deste estudo, provavelmente seriam relacionadas a uma orientação de material fino (fábricas-b poro- e granoestriados), produzidos por tensões e compressões induzidas por ciclos de umedecimento e secagem, que são provavelmente mais frequentes em zonas secas, devido às variações sazonais mais contrastantes.

Oliveira et al. (2008) nas análises micromorfológicas dos horizontes Bt de Luvissoles Crômicos encontrou um padrão de distribuição relativa do tipo porfírica; fábricas birrefringentes granoestriada e a microestrutura do tipo blocos subangulares e/ou angulares, de fraco a moderadamente desenvolvidos.

3.MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

Os Luvissoles escolhidos encontram-se na região semiárida do estado de Pernambuco e buscou-se àqueles desenvolvidos, essencialmente, sobre anfibolito, ou seja, os solos deviam apresentar uma maior similaridade entre seu material de origem. Itacuruba, Serra Talhada e Afogados da Ingazeira são os municípios compreendidos neste estudo. Os três municípios estão inseridos na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa uma paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas.

O clima nas três regiões, segundo Köppen, é do tipo BSh, sendo semiárido quente, que se caracteriza por escassez de chuvas e grande distribuição irregular; baixa nebulosidade; forte insolação; índices elevados de evapotranspiração, e temperaturas médias elevadas (Figura 4). O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril e as poucas chuvas - de 250 mm a 750 mm por ano - concentram-se num espaço curto de tempo, provocando enchentes torrenciais. Evapotranspiração potencial anual é superior à precipitação anual (EMBRAPA, 2018)

A paisagem é caracterizada por uma vegetação basicamente composta por *Caatinga Hiperxerófila* com trechos de *Floresta Caducifólia* (CPRM, 2005), porém merecem destaque nas áreas de estudo as seguintes espécies: *Caesalpinia pyramidalis* Tul (catingueira), *Mimosa hostilis* (jurema-preta), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (pereiro), *Croton sonderianus* (marmeleiro), *Pilosocereus gounellei* (xique-xique); *Cereus jamacaru* DC. (mandacaru) e *Cnidocolus quercifolius* (faveleira).

A porção mais seca será representada pelo município de Itacuruba, que se encontra a 471,8 km a Noroeste da cidade de Recife, na Mesorregião São Francisco Pernambucano e Microrregião Sertão de Itaparica. Esta região encontra-se inserida, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituído pelos litotipos dos complexos Cabrobó e Belém do São Francisco, dos Granitóides Indiscriminados, da Suíte Calcialcalina Conceição e dos Depósitos Colúvio-eluviais e Aluvionares (CPRM, 2005a).

A precipitação média anual é de 334,3 mm, evapotranspiração potencial de 1447,8 mm ano⁻¹ (déficit hídrico de 1113 mm), temperatura média anual de 25,0 °C e altitude de 390 m. (SUDENE,1990; ANA,2017)

Serra Talhada, a região intermediária, localiza-se na parte setentrional da microrregião Pajeú, porção norte do Estado de Pernambuco. Apresenta uma precipitação anual média de 579,3 mm, uma evapotranspiração de 1335,6 mm ano⁻¹ (déficit hídrico de 756 mm) temperatura média de 23,8°C e altitude de 444m acima do nível do mar. (SUDENE, 1990; ANA, 2017) Esta região encontra-se, geologicamente, na Província Borborema, estando constituído pelos litotipos dos complexos Serra de Jabitacá, São Caetano e Salgueiro-Riacho Gravatá, da Suíte Granítica-Migmatítica Peraluminosa Recanto/Riacho do Forno, dos complexos Riacho da Barreira 1 e 2, da Formação Serra do Olho d'Água, dos Granitóides Indiscriminados e de Quimismo Indiscriminados, das suítes Peraluminosa Xingo, Calcialcalina Conceição, Calcialcalina de Médio a Alto Potássio Itaporanga, Shoshonítica Ultrapotássica Triunfo, Intrusiva Shoshonítica Salgueiro/Terra Nova, Prata e Intrusiva Subalcalina a Alcalina Meruoca,

das formações Mauriti e Tacaratu, e dos depósitos Colúvios-eluviais e aluvionares (CPRM, 2005b).

O município de Afogados da Ingazeira, a porção menos seca do estudo, está localizado na parte setentrional da mesoregião Sertão Pernambucano. Apresenta uma precipitação pluviométrica anual de 721,5 mm, uma ETP de 1220,3 mm ano⁻¹ (déficit hídrico de 499 mm) temperatura média anual de 22,8 °C e altitude de 570m (SUDENE, 1990; ANA, 2017). Encontra-se inserido, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituído pelos litotipos dos complexos Sertânia, Afogados da Ingazeira, Serra do Jabitacá e São Caetano, das suítes Graníticas Migmatítica Peraluminosa Recanto/Riacho do Forno, Transicional Shoshonítica Alcalina Teixeira/Serra Branca e Intrusiva Subalcalina e Alcalina Prata e pelos Sedimentos da Formação Tacaratu (CPRM, 2005c).

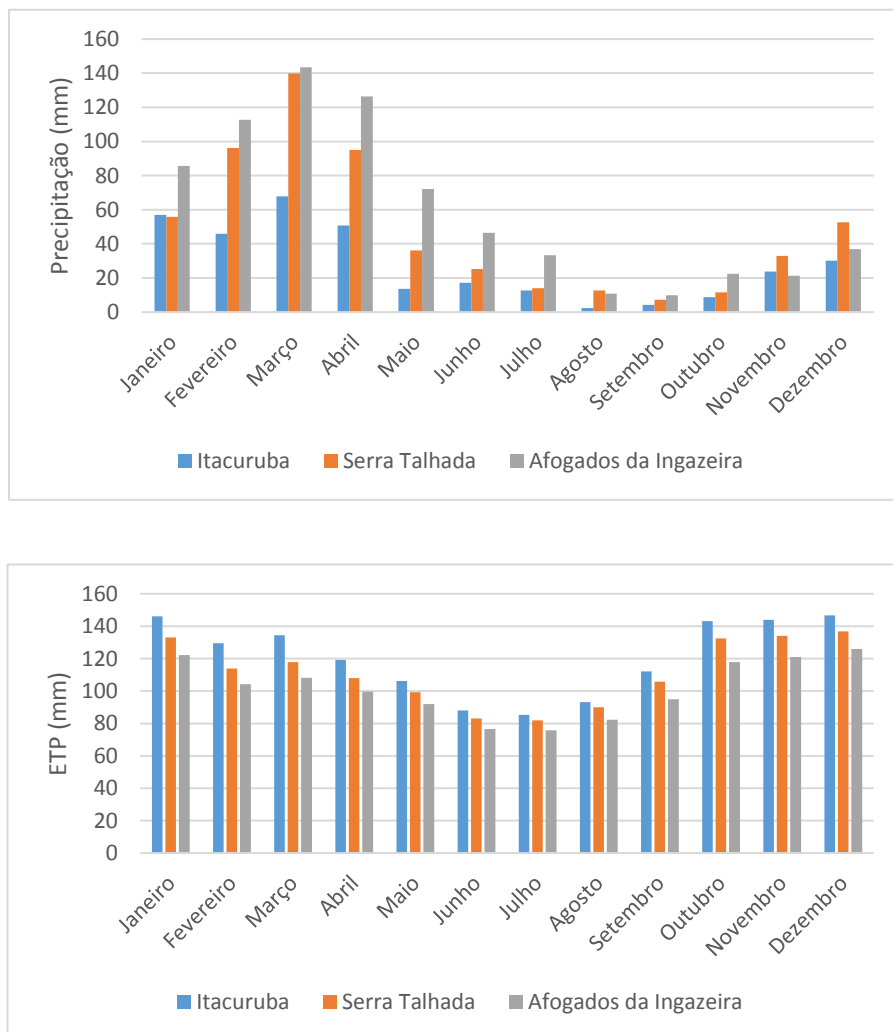


Figura 4 – Dados climáticos mensais relativo à média dos anos regulares nas três regiões: Itacuruba 24 anos; Serra Talhada 65 anos; Afogados da Ingazeira 33 anos. Fonte: Sudene (1990) e ANA (2017)

3.2 Seleção de perfis, descrição e amostragem.

A seleção da área de estudo foi realizada com base nas informações do Mapa Geológico do estado de Pernambuco (EMBRAPA Solos) e visita exploratória de campo, com o objetivo de obter três áreas de Luvisolos Crômico típicos representativos ao longo de um transecto no semiárido Pernambucano (Figura 5). Levou-se em consideração as seguintes características: estar inserido no semiárido Pernambucano, vegetação nativa ou secundária, sem qualquer tipo de influência ou ação antrópica (agricultura, por exemplo) (Figura 7), embasamento cristalino metamórfico máfico (particularmente anfibolitos). Os solos coletados foram descritos morfologicamente de acordo com Santos et al. (2015) e foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013). Posteriormente foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para análises laboratoriais (Figura 6).

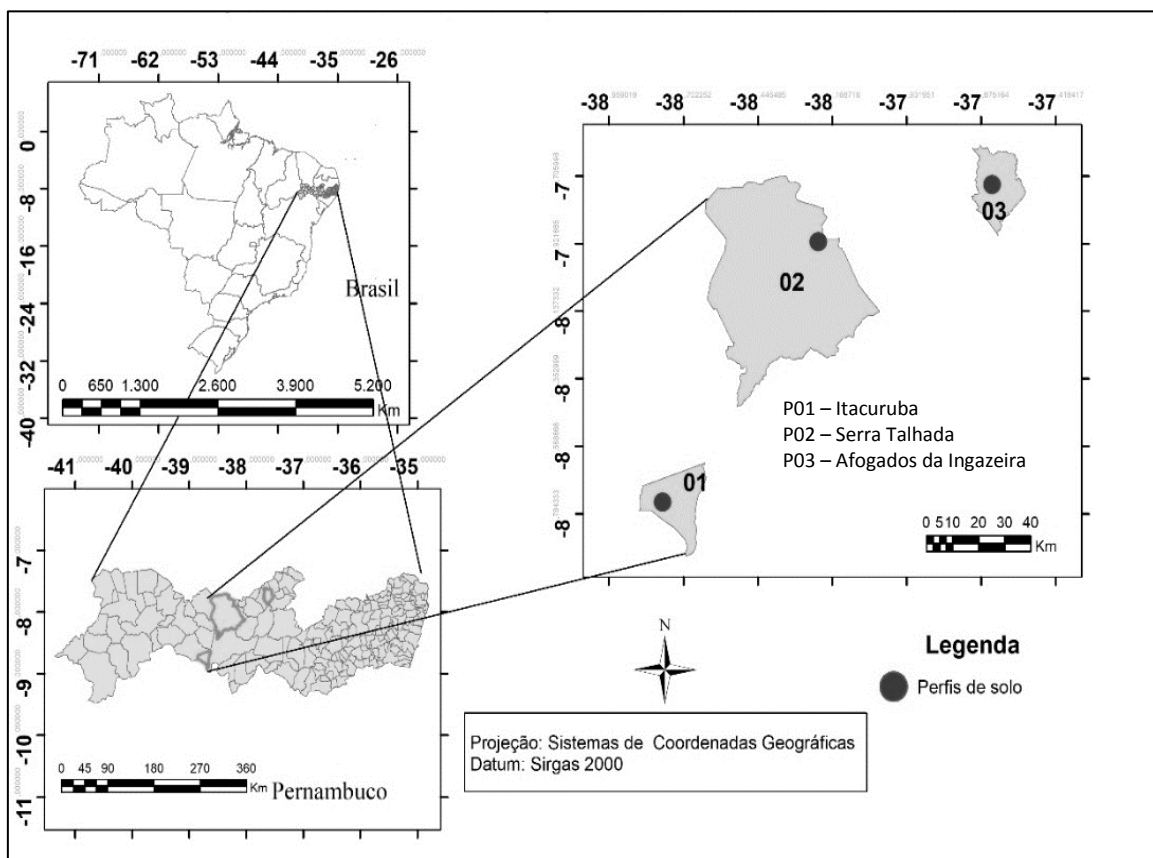


Figura 5 – Localização dos três perfis representando uma climossequência, no sentido nordeste–sudeste: Afogados da Ingazeira, Serra Talhada e Itacuruba, respectivamente. Fonte: ArcGis 10.4



Figura 6 – Fotos dos procedimentos de amostragem (da esquerda superior à direita inferior): armazenamento das amostras em sacos de coleta de 3kg em Itacuruba; retirada das amostras dos horizontes; amostras indeformadas (torrões); coleta utilizando anel volumétrico

As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroada e passadas em peneiras com malha de 2 mm para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA. Das frações grossas, calhaus (20 cm a 20 mm) e cascalho (< 20 mm a 2,0 mm), a limpeza foi feita por dispersão das frações menores com o uso de NaOH 1mol.L⁻¹ sob agitação e da lavagem final em água corrente, seguida de secagem em estufa de 60°C). Tais procedimentos foram feitos conforme descrito por Fontana et al. (2017).

Tabela 1 – Coordenadas dos pontos

Perfil	Coordenadas -GPS	Altitude (m)
Itacuruba – P01	08° 44' 48,6'' S / 38°46' 27,0'' W	328
Serra Talhada – P02	07° 54' 56,7'' S / 38° 14' 10,5'' W	485
Afogados da Ingazeira – P03	07° 44' 01,1'' S / 37° 38' 12,9'' W	556



Figura 7 – Aspectos gerais do relevo e vegetação das áreas de estudos. Superior esquerdo: relativo ao P01, no município de Itacuruba; superior direito: P03, município de Afogados da Ingazeira; centro inferior: P02, Serra Talhada

3.3 Análises Físicas

A composição granulométrica foi feita pelo método do densímetro, no qual foram pesadas 20g de TFSA, colocadas em garrafas de 500 ml e adicionado 100 ml do dispersante químico Calgon 0,1 mol.L⁻¹ (hidróxido de sódio 0,1 mol L⁻¹ + hexametáfosfato de sódio 0,1 mol L⁻¹) e deixadas em agitador Wagner por 16 horas. (DONAGEMMA et al., 2017)

Posteriormente, a areia foi separada do silte e da argila por fracionamento físico, com auxílio de uma peneira de abertura de 0,0053 mm, colocada em estufa à 105°C em latas de alumínio de massa conhecida e identificadas. Silte e argila foram colocadas em provetas de 1L e após 24 horas realizada a determinação do teor de argila com o densímetro e a medição da

temperatura. O teor de silte foi obtido por diferença. (GEE & OR, 2002). Após a obtenção dos dados, foi calculado a relação silte/argila.

A fração areia dos horizontes de cada solo foi fracionada (após dispersão, coleta e secagem) segundo a Soil Survey Manual modificada (SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993) nas seguintes frações: areia muito grossa (2,0-1,0 mm), areia grossa (1,0-0,5 mm), areia média (0,5-0,25), areia fina (0,25-0,106 mm) e areia muito fina (0,106-0,05 mm).

Os teores de argila dispersa em água (ADA) foram obtidos por meio do mesmo procedimento realizado na granulometria, exceto a utilização do dispersante químico. Com tais dados foram realizados cálculos para determinação do grau de floculação (DONAGEMMA; VIANA, 2017).

A densidade do solo foi determinada pelos métodos do anel volumétrico e torrão parafinado para os horizontes de textura mais argilosa (ALMEDIA et al., 2017; GROSSMAN; REINSCH, 2002), e a densidade das partículas determinada pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante (FLINT; FLINT, 2002). Após a obtenção dos resultados serão calculadas a porosidade total do solo Almeida et al. (2017).

3.4 Análises Químicas

Determinou-se o pH em água e KCl 1 mol. L⁻¹ (razão solo-líquido 1:2,5) (TEIXEIRA et al., 2017a). A extração dos cátions trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ foi feita utilizando KCl 1 mol.L⁻¹, sendo Ca²⁺ e Mg²⁺ dosados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) e Al³⁺ por determinação volumétrica com solução diluída de NaOH 0,025mol.L⁻¹ (TEIXEIRA et al., 2017b). Na⁺, K⁺ e P disponível foram extraídos por Mehlich-1 (HCl 0,05 mol.L⁻¹+H₂SO₄ 0,0125 mol.L⁻¹). Sendo Na⁺ e K⁺ dosados por espectrofotometria de chama (TEIXEIRA et al., 2017b) e o P disponível dosado por colorimetria (TEIXEIRA et al., 2017a). A acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) foi extraída com acetato de cálcio (0,5 mol.L⁻¹) a pH 7 e dosado por titulometria (NaOH 0,025 mol.L⁻¹) (CAMPOS et al., 2017). O carbono orgânico foi determinado por via úmida segundo o método de Walkey-Black.

Com os valores de carbono orgânico total calculou-se o estoque de carbono (FERNANDES; FERNANDES, 2009):

$$\text{Est C} = (\text{CO} \times \text{Ds} \times \text{E}) / 10$$

Onde:

Est C = estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha⁻¹)

CO = teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g kg^{-1})

Ds = densidade do solo da profundidade (kg dm^{-3})

E = espessura da camada considerada (cm).

A partir destas determinações calculou-se a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), percentagem de saturação por alumínio (m%), atividade da argila e percentagem de sódio trocável (PST), conforme descrito no Manual de Análises de Solo (EMBRAPA, 2017)

3.5 Extração Seletiva de Ferro

Os teores de ferro foram determinados na TFSA, previamente macerada e passada em peneira de 100 mesh, extraídos por dissolução seletiva dos óxidos pedogenéticos de alta e baixa cristalinidade e formas não cristalinas pelos métodos do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (MEHRA; JACKSON, 1960; HOLMGREN, 1967) e oxalato ácido de amônio (pH 3) no escuro (MCKEAGUE; DAY, 1966), respectivamente. Os teores de Fe nos extratos foram quantificados por espectroscopia de absorção atômica (EAA).

3.6 Análise da composição química total

A determinação da composição química total dos elementos maiores e menores foi realizada por espectrômetro de fluorescência de raios-X (Rigaku modelo ZSX Primus II). O resultado dos elementos foi expresso na forma de óxidos (Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 , ZnO , ZrO_2 , P.F).

A TFSA das amostras foi macerada e passada em peneira de 100 mesh. Uma porção de amostra foi seca em estufa a 110°C . Uma porção de amostra seca foi pesada e levada a uma mufla a 1000°C por 2 horas para determinação de perda ao fogo. Uma outra porção de amostra seca foi prensada em cápsulas de alumínio com 30 toneladas de força. As pastilhas prensadas foram analisadas apenas para os elementos acima citados, em espectrômetro de fluorescência de raios-X Rigaku modelo ZSX Primus II, equipado com tubo de Rh e 7 cristais analisadores. Os resultados da varredura semi-quantitativa foram recalculados para 100% após a incorporação do valor da perda ao fogo. Os resultados estão expressos em peso%. Nd = não detectado.

Com base ainda nos resultados obtidos, foi calculado o grau de intemperismo de acordo com método proposto por Nesbitt e Young (1982), que o estimaram através do Índice de Alteração Química - CIA, calculado a partir dos teores dos principais elementos com a seguinte equação:

$$CIA = \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O} \times 100$$

Em que resultado igual a 100 é considerado alto e indica solos com elevado intemperismo (RASMUSSEN; DAHLGREN; SOUTHARD, 2010). Também foi calculado os índices Ki e Kr de acordo com Teixeira e Campos (2017).

3.7 Análise Mineralógica

Os procedimentos experimentais foram executados no Laboratório de Mineralogia do Solo da UFRPE. Os critérios de seleção das amostras, para determinação da composição mineralógica da argila, foram os horizontes intermediários ou relevantes para o estudo. Foram eles: A, Btvz e Cr1 perfil 1; A, Btv e Cr perfil 2 e A, Bt e Cr perfil 3.

Foram feitas análises mineralógicas das três frações do solo: areia e argila. As frações foram fracionadas da seguinte maneira: areia grossa (2-0,25 mm), areia fina (0,25-0,05 mm), silte (0,05-0,002 mm) e argila (<0,002 mm) (SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993) e foram obtidas a partir da análise granulométrica.

A areia obtida do fracionamento físico, após seca, foi separada em areia grossa e fina, maceradas e passada em peneira de 80 mesh. As frações areia grossa e areia fina foram analisadas na forma de pó não orientado com velocidade de 1° min 2θ registrando amplitude de 5° a 70° (2θ). A composição mineralógica das frações silte e argila, foram determinadas por difratometria de raios X.

A fração argila das provetas de 1L foi separada do silte por decantação e o tempo necessário de coleta da argila baseou-se na lei de Stokes (JACKSON, 1969):

$$v = \frac{g(s_p - s_l)D^2}{18\eta}$$

Onde, v é velocidade de sedimentação em $cm.s^{-1}$; g a constante gravitacional que é dado por $980 cm.s^{-1}$; $S_p - S_l$ a massa específica diferencial da partícula em relação ao líquido; D , o

diâmetro da partícula em cm; e η a viscosidade em poises. A coleta dava-se por sifonamento e o volume das provetas era completado para 1L com o dispersante químico Calgon $0,001 \text{ mol.L}^{-1}$, a fim de manter a dispersão, e a suspensão agitada com um bastão manualmente por 20 segundos. Este procedimento era repetido a cada nova coleta da argila. O silte foi obtido quando o líquido com a suspensão se apresentou translúcido.

A argila natural (fração $< 2 \mu\text{m}$) foi analisada em DRX na forma de pó não orientado com velocidade de $1^\circ \text{ min } 2\theta$ registrando amplitude de 3° a 70° (2θ). Em seguida foram pesadas 3g das mesmas e submetidas a pré-tratamento para eliminação dos óxidos de ferro, utilizando 3g de ditionito de sódio em conjunto com citrato de sódio $0,3 \text{ mol.L}^{-1}$ + bicarbonato de sódio $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ (DCB) (JACKSON, 1975).

Parte da argila desferrificada foi fracionada em grossa ($2-0,5 \mu\text{m}$) e fina ($< 0,5 \mu\text{m}$) por meio de sucessivas centrifugações a 3500 rpm por 12 minutos, em centrífuga *Rotina 420R* (JACKSON, 1969). A separação em argila fina e grossa baseou-se na seguinte relação matemática:

$$T_m = \frac{63.0 \cdot 10^8 \eta \log_{10} \left[\frac{R}{S} \right]}{N^2 D^2 \Delta s}$$

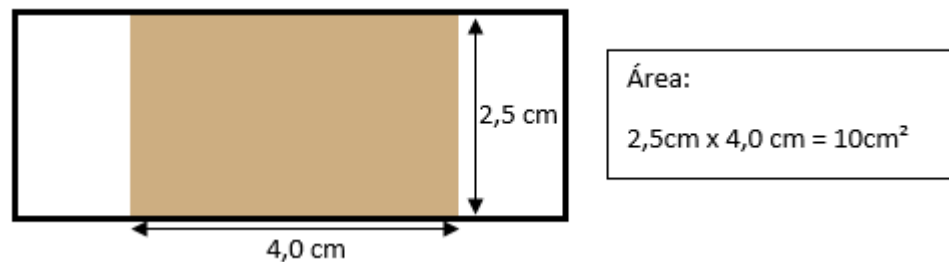
Onde T_m é o tempo de sedimentação em minutos; η a viscosidade em equilíbrio com a temperatura; R é o raio em cm do eixo de rotação ao topo do sedimento no tubo; S é o raio em cm do eixo de rotação à superfície da suspensão no tubo; N são as revoluções por minuto (rpm); D o diâmetro das partículas em micrômetros; e Δs é a gravidade específica entre a partícula e o líquido em suspensão. A solução utilizada como suspensão foi o NaOH $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ e o sobrenadante resultante das centrifugações foi transferido, por sifonagem com mangueiras de soro fina, para béquer de teflon. As amostras foram levadas à estufa de 60°C .

Os minerais da fração argila ($< 2 \mu\text{m}$) foram estudados por meio de lâminas orientadas (por pipetamento), para favorecer a difração dos planos 001. As amostras foram saturadas com K e Mg ($\text{KCl } 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ e $\text{MgCl}_2 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$), seguidas de lavagens com etanol 95% (v/v) e água destilada para remoção do excesso de cloretos. As lâminas saturadas com K foram lidas em temperatura ambiente (25°C) e após aquecimento em mufla, por 2 horas, às temperaturas de 350°C e 550°C , para confirmar a presença de caulinita. As lâminas saturadas com Mg também foram analisadas em temperatura ambiente e solvatadas com glicerol, em atmosfera saturada a 50°C por 16 horas, para o estudo de filossilicatos expansivos. As amostras foram lidas em difratômetro *Shimadzu XRD 6000*, com radiação de CuK α , fenda Soller de 2.5° e 6° , fenda

divergente de 0.5 mm e corrente de 40 kV e 20 mA. Será utilizado intervalo de leitura de 2 a 40° 2q, ao passo de 0.02° 2q, e velocidades de 1 s/passos para todos os tratamentos com exceção do Mg-glicerol, que deverá ser lido na velocidade de 5 s/passos (para realização de modelagens).

Neste trabalho foi realizada uma experimentação, com o objetivo de atingir a melhor forma de preparo das lâminas de argila através do método da sedimentação. O procedimento realizado foi:

Definir a área na lâmina:



Para definir os limites foi utilizada fita adesiva.

- Definir a concentração de Argila:
 - Foi definido a melhor concentração para trabalho a de 10mg/cm²
 - Preparo da suspensão:
 - Pesar 200mg de argila em tubo de centrífuga.
 - Adicionar 2ml de água destilada. (Relação 200/2 = 100mg por ml)
 - Agitar por 10 segundos em ultrassom na amplitude de 30%.
 - pipetar 1ml da suspensão, afim de obter e por sobre a área definida (encostar a pipeta sobre o vidro de forma inclinada e ir depositando lentamente).

Sendo assim, teremos:

1ml da suspensão = 100mg de Argila

Área = 10cm²

Logo: 100mg / 10cm² = 10mg/cm²

- deixar a lâmina em repouso em dessecador (afim de evitar o ressecamento).

3.8 Análise Micromorfológica

Os blocos coletados no campo foram impregnados e cortados utilizando-se um equipamento petrográfico de corte fino padrão. Os fragmentos seccionados foram colados em lâminas de vidro com cola Araldite. O polimento foi realizado com uma camada abrasiva de 39 carbureto de silício sobre uma máquina de disco rotatório até a espessura aproximada de 35 μm . O acabamento final foi realizado manualmente com auxílio de pó abrasivo e pasta diamantada 6-12 μm e de 20-40 μm até a obtenção do padrão de extinção desejado para o quartzo. As análises por microscopia óptica foram realizadas no Laboratório de Impregnação e Laminação da UAG-UFRPE. As descrições micromorfológicas foram realizadas sob luz polarizada simples e luz polarizada cruzada em um microscópio petrográfico. As interpretações das lâminas seguiram as recomendações propostas por Bullock et al. (1985).

4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Atributos morfológicos e físicos

As características morfológicas e os dados químicos e físicos dos três perfis foram utilizados para classificar os solos taxonomicamente. Os resultados das análises evidenciaram diferenças claras entre os três perfis de Luvisolos, bem como contrastes em relação aos gradientes pluviométricos.

Os atributos morfológicos dos perfis estudados encontram-se na Tabela 2 e Figura 8 e os atributos físicos na Tabela 3.

Em geral os três perfis são rasos a pouco profundos, com espessura de solum variando de 40 a 48 cm. Os horizontes A tem entre 9 a 12 cm de espessura, as cores situam-se nos matizes 2,5 YR e 5YR com valores ≥ 3 e cromas ≥ 3 , coloração bruno-avermelhado-escuro (Figura 8).

Em geral o horizonte Bt apresenta cores bruno-avermelhado a vermelho. No P1, os horizontes A, Btvz e Cnvz apresentaram coloração bruno-avermelhado. No P2 os horizontes A e BA apresentam coloração bruno-avermelhado, enquanto que os horizontes Btv e BC são vermelhos; o Cr apresentou uma coloração oliva quando úmido, e cinzento-claro na amostra seca. Os horizontes A e BA do P3 apresentaram coloração bruno-avermelhado-escuro, o Bt como sendo vermelho e o Cr/C apresentou uma cor bruno-forte.

A coloração bruno-avermelhada dos perfis deve-se a presença de hematita e consequentemente ao processo de rubificação, como descrito por Chen et al. (2010) e Boero e

Schwertmann (1989), favorecido pela baixa umidade, temperaturas elevadas e rápida renovação da matéria orgânica (Tabela 2).

Nos horizontes Cnvz do P1 e BC do P2 foi constatado a presença de mosqueado comum, pequeno e distinto e no Cr/C mosqueado abundante, pequeno e distinto, apresentam em geral coloração preta, com exceção do Cnvz que apresentou uma cor rosada. Todos apresentaram efervescência forte no campo em decorrência da adição de gotas de peróxido de hidrogênio, confirmando a presença de óxidos de manganês (SANTOS et al., 2015). Geralmente, ocorrem disseminados no solo ou associados com óxidos de ferro; em solos mal drenados na forma de segregações pretas nas faces dos agregados ou como nódulos e concreções (MEURER, 2012).

A textura dos horizontes superficiais nos três perfis se encontra na classe franco-argiloarenosa, enquanto que os horizontes mais subsuperficiais são mais argilosos. BA (perfil 02 e 03) e Bt do P1 e P3 se encaixam na textura argila, enquanto o Bt do P2 é muito argilosa. Cnvz do P1 apresentou textura argila, enquanto que o Cr/C do P3 como sendo francoargilosa.

Os horizontes superficiais possuem uma estrutura de grau fraca e moderada, ou seja, menor e menos desenvolvida do que o horizonte B ou adjacente, cujas unidades estruturais são bem definidas e há pouco ou não se observa material solto (SANTOS et al., 2015). Quanto menor o grau de desenvolvimento, mais intensa é a erosividade naquele solo, isto porque solos com boa estruturação, além de resistir melhor ao impacto da chuva, favorece a infiltração da água reduzindo a erosão por escoamento superficial (enxurrada) (CAPECHE, 2008).

No horizonte A do perfil 3 a estrutura tem grau moderado e forte, evidenciando um maior desenvolvimento estrutural (menos exposição ao intemperismo) em relação aos P1 e P2, os quais possuem grau fraco e moderado, refletindo uma maior exposição destes perfis ao intemperismo. Os horizontes Btnz do perfil 1, BA e Btv do P2 e Bt do P3 possuem um desenvolvimento estrutural de grau moderado, enquanto que o BA do P3 apresenta moderada e forte, o que pode ser provável efeito de agentes cimentantes como óxidos de ferro pedogenéticos bem cristalinos nestes horizontes e, principalmente, em maiores quantidades no Bt. Na Tabela 6 é possível verificar os valores semiquantitativos de óxidos de ferro pedogenéticos.

Tabela 2 - Atributos morfológicos dos solos estudados

Horizontes		Cor		Mosq.	Textura	Estrutura
Símb.	Prof. (cm)	Seca	Úmida			
P01 – Mais seco						
A	0-9	2,5 YR 5/6	2,5 YR 3/4	-	F- Arg.-A	bl. subang., peq. e méd., fraca e mod.
Btvz	9-40	2,5 YR 3/4	2,5 YR 3/4	-	Arg	pris., peq. e méd; bl. ang. e bl. subang. méd. e gr. mod.; slick.
Cnvz	40-53	2,5 YR 4/4	2,5 YR 4/4	7,5 YR 7/3 com. peq. dist.	Arg.	pris., peq e méd.;bl. ang e bl.subang. méd e gr. fr. a mod.; slick.
Crnz1	53-66	-	-	-	-	xist. fr. a mod.
Crnz2	66-80+	-	-	-	-	xist. fr. a mod.
P02 – Intermediário						
A	0-12	5YR 4/4	5YR 4/4	-	F – Arg - A	bl subang., pq. e méd. ; gn. peq. e méd. fr. a mod.
BA	12-25	2,5 YR 4/6	2,5 YR 4/4	-	Arg.	pris. méd. e gr. bl. subang e bl. ang. méd e gr, mod.
Btv	25-48	2,5 YR 4/6	2,5 YR 4/6	-	M. Arg.	pris. méd. e gr., bl. subang. e bl. ang. méd. a gr. mod.; slick.
BC	48-70	2,5 YR 5/6	2,5 YR 5/6	5YR 2,5/1,0 com. peq. dist.	F-Arg.	pris. méd. e gr., bl. subang. e bl. ang. méd e gr., mod.
Cr	70-120+	2,5Y 7/3	5Y 5/3	5YR 2,5/1,0 abn. méd. proe.	-	-
P03 – Menos seco						
A	0-10	2,5 YR 4/4	2,5 YR 3/3	-	F- Arg. – A	bl. subang. peq. e méd; gn. peq. e méd. mod a ft.
BA	10-23	2,5 YR 4/4	2,5 YR 3/4	-	Arg.	pris. peq. e méd.; bl. subang. peq. e méd. mod. a ft.
Bt	23-47	2,5 YR 4/6	2,5 YR 4/6	-	Arg.	pris., peq. e méd; bl. ang. e bl. subang. peq. e méd. mod.; cer. com. e fr.
Cr/C	47-73	-	7,5 YR 4/6	5YR 2,5/1,0 abn. peq. dist.	F -Arg.	pris. peq. méd. mça e mod.; bl. ang. peq. e méd. mod.
Cr	73-105+	-	-	-	-	-

Símb.) – Símbolo; (Prof) - Profundidade; (Mosq) – Mosqueados; (Dif)- Difuso; (M-Arg) – Muito argilosa; (Arg) – argila; (F- Arg.) – Francoargilosa; (F – Arg – A) – Franco – argiloarenosa; (mt. peq.) – Muito pequena; (gr) – Grande; (bl. sbang.) – Bloco Subangulares; (bl. ag.) – Bloco angular; (méd) – média; (gn) – granular; (Peg) – Pegajosa; (mça.) – maciça; (mod) – moderada; (Ft) – forte; (Fr)- Fraca; (pris) - Prismática; (Slick)- Slickensinde; (pls) – Plástica; (pou.) - Pouca; (peq.) – Pequena; (dist.) – Distinta; (com.) – Comum; (méd.)- médio; (abn) – Abundante; (proe) – Proeminente; (ext) – Extremamente; (gr) – grande; (dif) – difuso; (lig.) – ligeiramente; (xist.) – xistosidade; (cer) - cerosidade.

Tabela 3 - Atributos físicos dos solos estudados

P01 – Mais Seco										
Granulometria										
Horizontes	Profundidade	Cascalhos g.kg ⁻¹	Calhaus g.kg ⁻¹	Argila g. kg ⁻¹	Areia g. kg ⁻¹	Silte g. kg ⁻¹	Ds kg/dm ³	Dp kg/dm ³	A.D.A g.kg ⁻¹	GF (%)
A	0 - 9 cm	83	153	313	529	159	1,32	2,61	242	22
Btvz	9 - 40 cm	12	1	534	337	129	1,88	2,62	425	20
Cnvz	40 - 53 cm	28	0	443	425	132	1,89	2,76	336	24
Crnz1	53 - 66 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crnz2	66 - 80+cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P02 – Intermediário										
Granulometria										
Horizontes	Profundidade	Cascalhos g.kg ⁻¹	Calhaus g.kg ⁻¹	Argila g. kg ⁻¹	Areia g. kg ⁻¹	Silte g. kg ⁻¹	Ds kg/dm ³	Dp kg/dm ³	A.D.A g.kg ⁻¹	GF (%)
A	0 -12 cm	42	32	283	570	147	1,31	2,73	263	7
BA	12 - 25cm	37	22	518	415	68	1,50	2,79	420	19
Btv	25 - 48 cm	18	2	601	226	174	1,56	2,92	426	29
BC	48 - 70 cm	18	0	339	319	342	1,37	2,89	285	16
Cr	70 - 120+cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P03 – Menos Seco										
Granulometria										
Horizontes	Profundidade	Cascalhos g.kg ⁻¹	Calhaus g.kg ⁻¹	Argila g. kg ⁻¹	Areia g. kg ⁻¹	Silte g. kg ⁻¹	Ds kg/dm ³	Dp kg/dm ³	A.D.A g.kg ⁻¹	GF (%)
A	0 - 10 cm	183	103	326	479	195	1,49	2,66	241	5
BA	10 - 23 cm	54	36	479	362	159	1,24	2,73	399	3
Bt	23 - 47 cm	9	1	557	208	234	1,27	2,84	420	5
Cr/C	47 - 73 cm	7	9	339	371	290	1,33	3,14	283	3
Cr	73- 105+cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Ds) – Densidade do solo; (Dp) – Densidade de partícula; (ADA) – Argila dispersa em água; (GF) – Grau de floculação.

Quanto ao tipo e a forma de estrutura há um predomínio de blocos subangulares pequena e média composta por pequena e média granular no P1, P2 e P3, porém no perfil 01 verifica-se pequena e média blocos subangulares.

A respeito da estrutura nos horizontes Bt o tipo predominante é a prismática composta de blocos. Quanto maior a atividade da argila, a estrutura tende a ser do tipo prismática, tais argilas apresentam expansão e contração mais acentuadas por efeito dos ciclos de umedecimento e secagem do solo (CAPECHE, 2008), por isso são mais comuns em horizontes subsuperficiais onde os processos pedogenéticos são mais marcantes.

No horizonte Btv do P2 foi relatada a ocorrência de slickensides, no entanto as análises micromorfológicas do respectivo horizonte não apresentaram uma fábrica poroestriada típica de slickensides. Verificou a presença de cerosidade no Bt do P3 sendo comum e fraca.

Quanto a consistência, os três perfis apresentaram elevada plasticidade e pegajosidade, tanto em superfície quanto em profundidade, o que denota a quantidade expressiva de presença de argilominerais 2:1.

As transições nos perfis 1 e 3 entre os horizontes B e C, foram diagnosticados como clara e plana, enquanto que no perfil 2 foi gradual e plana.

As descrições dos atributos físicos dos Luvisolos encontram-se na Tabela 3.

Os perfis apresentaram textura variando de média à argilosa.

Os cascalhos estão presentes, principalmente, no horizonte A, e em quantidades variáveis em profundidade.

Os teores de areia variaram entre 529 a 570 g kg⁻¹ nos horizontes A e nos horizontes Bt variaram de 208 a 337 g kg⁻¹. Os valores de silte nos horizontes A variaram de 147 a 195 g kg⁻¹, nos horizontes Bt de 129 a 234 g kg⁻¹. Os conteúdos de argila ficaram entre 283 a 326 g kg⁻¹ nos horizontes A e nos horizontes Bt de 534 a 600 g kg⁻¹. Em relação aos teores de argila, há um aumento em profundidade.

O P2 e P3 apresentaram maiores conteúdos de argila em profundidade do que P1 (zona mais seca), apesar de serem desenvolvidos a partir de material de origem similar. Evidenciando, assim, a influência de forma distinta do clima nas três regiões.

A gradiente textural foi de 1,71 para o P1, 1,98 para o P2 e 1,59 para o P3. Os conteúdos de argila dispersa em água (ADA) indicam que as argilas estão de moderadas a fortemente dispersas, com grau de flocculação variando de 3 a 29%, menos que 60% (OLIVEIRA et al., 2009). Todavia, o grau de flocculação nos perfis P1 e P2 provavelmente teve seus resultados influenciados pela lavagem com álcool etílico a 60%, a fim de eliminar o efeito salino destes solos nas análises. Uma das causas da salinidade nos solos de regiões semiáridas e áridas são

precipitações pluviométricas insuficientes para lavar os sais solúveis do perfil e alta evapotranspiração (MEURER, 2012).

Os baixos valores de grau de floculação no P3, região mais úmida, possivelmente podem estar associados com a expressiva presença de argilominerais 2:1, com predomínio de cargas negativas, promovendo, assim, a dispersão. Baixo grau de floculação aliado a baixa permeabilidade do horizonte B favorece o deslocamento lateral da água, o que contribui para a diferenciação textural (CORRÊA et al., 2003).

A densidade do solo variou entre 1,24 a 1,89 kg/dm³, com valores maiores também observados no horizonte B. Os valores foram mais baixos no perfil 03.

Os valores para densidade de partícula variaram entre 2,60 (P1) a 3,14 kg/dm³ (P3) e aumentam em profundidade o que supõe uma maior quantidade de minerais rico em Fe no material de origem, por exemplo anfibólios (hornblenda verde). Os valores de Dp menores em P1 se deve principalmente ao predomínio de quartzo e feldspatos, corroborada pelos picos de difração na areia grossa. Para maioria dos solos minerais a densidade de partículas varia de 2,60 a 2,75 kg/dm³, o que se deve à predominância de minerais como quartzo, feldspato, mica e coloides silicatados, o que justifica os menores valores de Dp no horizonte superficial (BRADY; WEIL, 2013).



**Perfil 01 – Luvissole Crômico
Órtico salino vertissólico
solódico**



**Perfil 02 – Luvissole Crômico
Órtico vertissólico**



**Perfil 03 – Luvissole Crômico
Órtico típico**

Figura 8 – Fotografias dos três perfis de solo. Fonte: autora

4.3 Atributos Químicos

Os atributos químicos dos Luvisolos encontram-se na Tabela 4, teores totais dos elementos maiores e menores são apresentados na Tabela 5.

Os três perfis apresentaram reações praticamente neutro a moderadamente alcalina, com faixa de pH variando entre 6,2 a 7,9, aumentando em profundidade. Os maiores valores estão situados nos horizontes Btvz e Cnvz (P1), BC (P2) e Cr/C (P3). O pH obtido em KCl (1 mol L^{-1}) apresentaram entre 4,2 a 6,0, sendo sempre menores que o pH em água. Nestas condições o ΔpH dos perfis de Luvisolos apresentou um valor negativo, indicando que a carga líquida das superfícies dos colóides, nos três perfis, foi negativa (MEURER,2012). Apesar dos valores de pH em KCl (variando de 4,2 a 5,5), os teores de alumínio trocável (Al^{3+}), foram muito baixos. Esta condição de pH do solo parece ser favorecida pela elevada saturação de bases, como observado por Oliveira (2008).

Os valores de Ca^{+2} no horizonte A variaram de 8,99 a 11,49 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, horizontes Bt de 10,0 a 16,06 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, no horizonte Cnvz (P1) apresentou 10,59 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, no BC (P2) 18,23 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e Cr/C 19,44 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Os valores de Mg^{+2} nos horizontes A variaram de 3,49 (P03) a 5,04 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (P01), horizontes Bt de 3,20 (P03) a 19,39 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (P01), no horizonte Cnvz (P1) apresentou 19,27 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, no BC (P2) 21,13 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e Cr/C (P03) 11,44 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Os solos formados a partir de rochas máficas são geralmente mais férteis, com maiores teores de cálcio, magnésio e fósforo que os solos formados a partir de rochas félsicas. Enquanto persistirem, esses minerais mantêm um status de bases mais elevado do que os solos formados a partir de rochas félsicas em climas úmidos (BUOL et al. 2011). Esta condição de alta saturação por bases parece prover da lenta intemperização do material de origem, rico em bases (OLIVEIRA,2009; LUZ,1992). Tal condição pode ser verificada pela a atividade da fração argila que foi maior que 27 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ nos três perfis, com destaque para os horizontes mais subsuperficiais que apresentaram os maiores valores T: 82 (P1Cnvz), 146 (P2BC) e 100 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (P3Cr/C), sugerindo que a fração argila destes horizontes possuem uma elevada capacidade de troca de cátions.

Os valores de Na^{+} no horizonte A variaram de 0,02 a 0,11 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, nos horizontes Bt de 0,09 a 1,34 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, horizonte Cnvz foi de 2,31 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, no BC (perfil 2) 0,73 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e Cr/C 0,13 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Os valores de K^+ no horizonte A variaram de 0,50 a 0,84 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, nos horizontes Bt de 0,08 a 0,11 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, horizonte Cnvz foi de 0,09 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, no BC (perfil 2) 0,08 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e Cr/C 0,09 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

Os valores de carbono orgânico total (COT) variam entre 10,5 a 27,5 g kg^{-1} , decrescendo com a profundidade. O valor mais elevado se encontra no horizonte A dos três perfis, o que pode ser atribuído a queda da serrapilheira da caatinga decídua e a pouca espessura destes horizontes (no máximo 12 cm em P2). Barbosa et al. (2015) encontrou valores semelhantes e com as mesmas tendências em profundidade para Luvisolos Crômicos na parte mais seca do Maciço de Baturité (CE, Brasil).

Os valores de CTC estão associados aos conteúdos de argila ao longo do perfil. Os valores mais altos de CTC foram encontrados nos horizontes Bt dos três perfis, Cnvz e Cr/C, nos quais os conteúdos de argila são maiores e onde a assembleia mineralógica é composta basicamente de minerais 2:1 (por exemplo, esmectitas).

A percentagem de sódio trocável é bastante expressiva no perfil 01, principalmente nos horizontes Btvz e Cnvz e os teores de Na^+ são elevados no horizonte Cnvz e na base do perfil. Estes valores para Na^+ pode estar sendo favorecido às custas do intemperismo de plagioclásios.

Altos teores de fósforo (P disponível) foram encontrados em profundidade e em superfície em P1 e P2 e apenas no horizonte A do P3. Estes altos teores no saprólito pode indicar um material de origem rico em fosfatos (por exemplo, fosfatos de cálcio). Enquanto que os teores elevados em superfície pode ser justificado pelo transporte deste material parcialmente intemperizado, de partes superiores do relevo depositando-se nestes perfis durante as enxurradas nos períodos chuvosos (ARAÚJO et al., 2003; AGBENIN; TIESSEN, 1994).

Nos perfis 01, 02 e 03 os teores de ferro extraído por DCB variaram de 21,46 a 115,61 g.kg^{-1} . Os maiores valores se encontram no horizonte B, onde os processos pedogenéticos são mais expressivos e aumentam ao longo do gradiente climático: 45,22 g.kg^{-1} no perfil 01; 83,37 g.kg^{-1} no perfil 2; e 115,61 g.kg^{-1} no perfil 3 (Tabela 5).

Os teores de ferro extraído por oxalato ácido de amônio apresentaram valores variando de 0,99 a 2,18 g kg^{-1} . A relação Fe_o/Fe_d , apresentou os seguintes valores no horizonte Bt: 0,018 g.kg^{-1} no P3 e 0,035 g.kg^{-1} no P1, sugerindo que há um maior predomínio de ferro na forma de óxidos com baixo grau de cristalinidade (Fe_o) no perfil da porção seca (P1) e maior predomínio de ferro na forma de óxidos com maior grau de cristalinidade na porção menos seca (P3). Tal afirmação é corroborada pela diferença Fe_d-Fe_o dos horizontes Bt, nos quais os teores de óxidos de ferro variam de 43,63 g.kg^{-1} (P01) a 113,52 g.kg^{-1} (P03).

Tabela 4 - Atributos Químicos dos solos estudados

P1 (Mais Seco)																			
Horizonte	pH (1:2,5)		Δ pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	SB	H+Al	CTC -		At.	CE	V	PST	P	CO	Esteque.
	Água	KCl									Potencial	Argila							
	cmol _c kg ⁻¹										dS m ⁻¹	%	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹				
A	0-9cm	6,9	5,2	-1,8	9,10	5,04	0,11	0,52	0,06	14,77	1,73	16,50	56	1,906	90	0,67	18,60	15,48	18,39
Btvz	9-40cm	7,2	5,7	-1,5	10,07	13,64	1,34	0,08	0,09	25,13	1,49	26,62	56	4,495	94	5,03	0,53	5,46	31,81
Cnvz	40-53cm	7,2	5,9	-1,3	10,59	19,27	2,31	0,09	0,06	32,26	0,91	33,17	82	5,039	97	6,96	2,33	3,48	8,55
Crnz1	53-66cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crnz2	66-80+cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2 (Intermediário)																			
A	0-12cm	6,2	5,7	-0,5	8,99	3,67	0,02	0,50	0,06	13,18	5,78	18,96	71	0,370	70	0,11	10,77	12,01	18,88
BA	12-25cm	6,3	4,3	-2,0	10,06	8,99	0,19	0,13	0,13	19,37	4,54	23,91	50	0,788	81	0,79	1,19	5,10	9,94
Btv	25-48cm	6,5	4,2	-2,3	15,33	19,39	0,42	0,11	0,19	35,25	4,62	39,87	77	1,341	88	1,05	0,10	5,28	18,93
BC	48-70cm	6,9	4,3	-2,6	18,23	21,13	0,73	0,08	0,06	40,17	2,97	43,14	146	2,401	93	1,69	47,90	2,02	6,09
Cr	70-120+cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3 (Menos Seco)																			
A	0-10cm	6,9	5,5	-1,4	11,49	3,49	0,04	0,84	0,06	15,86	3,30	19,16	59	0,368	83	0,21	29,47	27,50	40,98
BA	10-23cm	7,4	5,4	-2,0	12,36	4,37	0,05	0,21	0,06	16,99	3,71	20,70	43	0,189	82	0,24	8,74	10,50	16,93
Bt	23-47cm	7,6	5,1	-2,6	16,06	3,20	0,09	0,10	0,06	19,45	3,22	22,67	41	0,143	86	0,40	1,15	5,56	16,94
Cr/C	47-73cm	7,9	4,4	-3,5	19,44	11,44	0,13	0,09	0,13	31,10	2,64	33,74	100	0,229	92	0,39	0,58	2,21	7,63
Cr	73-105+cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

At. – Atividade; CE – Condutividade Elétrica; PST – Percentual de Sódio trocável; COT – carbono orgânico total.

Tabela 5 - Extração seletiva de ferro dos solos estudados

Horizonte		Fe_{total} (Fe_T)	Fe_2O_3 Ditionito	Fe_2O_3 Oxalato	Fed - Fe_o	Fe_o/Fe_d
		g.kg ⁻¹				
P1 – Mais Seco						
A	0-9cm	47,4	21,46	0,99	20,48	0,046
Btvz	9-40cm	70,5	45,22	1,58	43,63	0,035
Cnvz	40-53cm	84,8	32,59	1,52	31,08	0,047
Crnz1	53-66cm	81,9	21,60	1,23	20,36	0,057
Crnz2	66-80+cm	27,4	3,91	0,21	3,70	0,054
P2 – Intermediário						
A	0-12cm	73	33,30	1,64	31,66	0,049
BA	12-25cm	97,2	58,16	2,18	55,98	0,037
Btv	25-48cm	148,9	83,37	1,98	81,39	0,024
BC	48-70cm	154,2	53,51	1,44	52,07	0,027
Cr	70-120+cm	156,1	25,88	1,05	24,83	0,041
P3 – Menos Seco						
A	0-10cm	101,9	61,68	1,93	59,75	0,031
BA	10-23cm	128,7	84,26	2,11	82,15	0,025
Bt	23-47cm	158,8	115,61	2,09	113,52	0,018
Cr/C	47-73cm	145,8	75,19	1,68	73,51	0,022
Cr	73-105+cm	126,6	35,17	1,47	33,69	0,042

(Fe_d) – ferro extraído por ditionito; (Fe_o) – Ferro extraído por oxalato

Os índices de intemperismo calculados a partir dos elementos totais (Tabela 6) indicam um aumento progressivo da intensidade de intemperismo de partes mais profundas do saprólito para a superfície do solo. Nas profundidades relativas ao Crnz1 e Crnz2 (P1), Cr (P2) e Cr (P3) os Índice Químico de Alteração (CIA) foi de 62, 72 e 71 respectivamente, onde se verifica os menores valores de CIA. Nos horizontes superficiais, o valor baixo da CIA deve-se principalmente à diminuição do teor de Al_2O_3 , que sugere remoção preferencial da argila decorrente da precipitação pluviométrica na estação chuvosa. (OLIVEIRA et al., 2009)

O valores de K_2O aumentam da zona seca para a menos seca: 2,15 (P1); 4,15 (P2) e 4,32 (P3), este maior conteúdo de K_2O no horizonte A é provavelmente atribuído aos efeitos da ciclagem biológica de K através da decomposição da queda de serapilheira da vegetação de caatinga decídua seca durante a estação chuvosa (TRIPLER et al., 2006). No entanto, o K_2O aumenta em profundidade em P1 e em P2 e P3 decresce em profundidade, supõe nesta situação, uma contribuição do material de origem rico em K-feldspatos e/ou plagioclásios com K na sua composição (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores semiquantitativos de óxidos determinados por FRX dos solos estudados

Horizonte		Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	ZrO ₂	CIA	Ki	Kr
		%													
P1 – Mais Seco															
A	0-9	16,64	63,67	2,15	1,00	1,82	4,74	1,29	0,15	0,23	0,81	0,05	76	6,5	5,5
Btvz	9-40cm	18,95	60,76	1,47	1,33	1,14	7,05	0,94	0,05	0,16	0,89	0,02	84	5,5	4,4
Cnvz	40-53cm	19,05	57,19	2,34	2,72	1,04	8,48	0,89	0,06	0,31	0,94	0,02	82	5,1	4,0
Crnz1	53-66cm	17,18	59,22	2,93	3,20	1,13	8,19	1,17	0,12	0,40	0,85	0,02	77	5,9	4,5
Crnz2	66-80+cm	16,43	68,14	4,19	1,19	1,39	2,74	2,60	0,03	0,07	0,35	0,01	62	7,1	6,4
P2 - Intermediário															
A	0-12cm	16,58	59,31	4,15	0,93	1,23	7,30	0,54	0,22	0,14	1,54	0,06	74	6,1	4,7
BA	12-25cm	18,04	58,60	2,66	1,04	0,79	9,72	0,37	0,09	0,09	1,40	0,03	83	5,5	4,1
Btv	25-48cm	20,27	49,44	1,16	1,51	1,30	14,89	0,70	0,06	0,16	1,58	0,02	87	4,1	2,8
BC	48-70cm	18,67	50,13	0,76	2,17	2,33	15,42	1,38	0,10	0,20	1,41	0,03	81	4,6	3,0
Cr	70-120+cm	15,60	51,67	0,79	3,11	3,92	15,61	1,46	0,20	0,19	1,55	0,02	72	5,6	3,4
P3 – Menos seco															
A	0-10cm	18,26	50,56	4,32	1,90	2,44	10,19	0,73	0,29	0,16	1,16	0,06	72	4,7	3,5
BA	10-23cm	21,48	47,34	2,99	1,72	1,97	12,87	0,55	0,19	0,13	1,34	0,05	80	3,7	2,7
Bt	23-47cm	24,01	42,73	1,13	1,89	2,10	15,88	0,41	0,09	Nd	1,20	0,01	87	3,0	2,1
Cr/C	47-73cm	21,37	45,16	0,85	3,94	3,92	14,58	0,83	0,05	Nd	1,12	0,02	79	3,6	2,5
Cr	73-105+cm	20,36	46,23	1,78	4,48	5,20	12,66	1,24	0,10	0,17	1,03	0,02	71	3,9	2,8

As relações moleculares Ki e Kr (Tabela 6) estão relacionados com o processo de dessilicação, associado ao grau de intemperismo do solo, denotando a composição mineralógica destes solos. Os valores foram altos nos perfis 1 e 2, mas os valores de Ki para o Bt estão condizentes com o que está definido pelo SiBCS (2018), normalmente entre 2,4 e 4,0 para horizonte B textural denotando presença, em quantidade variável, mas expressiva, de argilominerais do tipo 2:1. A relação molecular Ki, são compreendidos no horizonte A de 4,7 a 6,5, no horizonte B de 3,0 a 5,5 e no horizonte Cnvz 5,1, BA (P2 e P3) 5,5 e 3,7 respetivamente.

4.4 Atributos Mineralógicos

Fração Areia

A mineralogia da fração areia grossa é constituída principalmente de quartzo e feldspatos (plagioclásios e ortoclásios, estes ricos em K) no P1 e P2, anfibólios, feldspatos e quartzo no P3. No entanto, não foi possível detectar diferenças marcantes entre a composição da mineralogia do solo entre os três perfis (Figura 9).

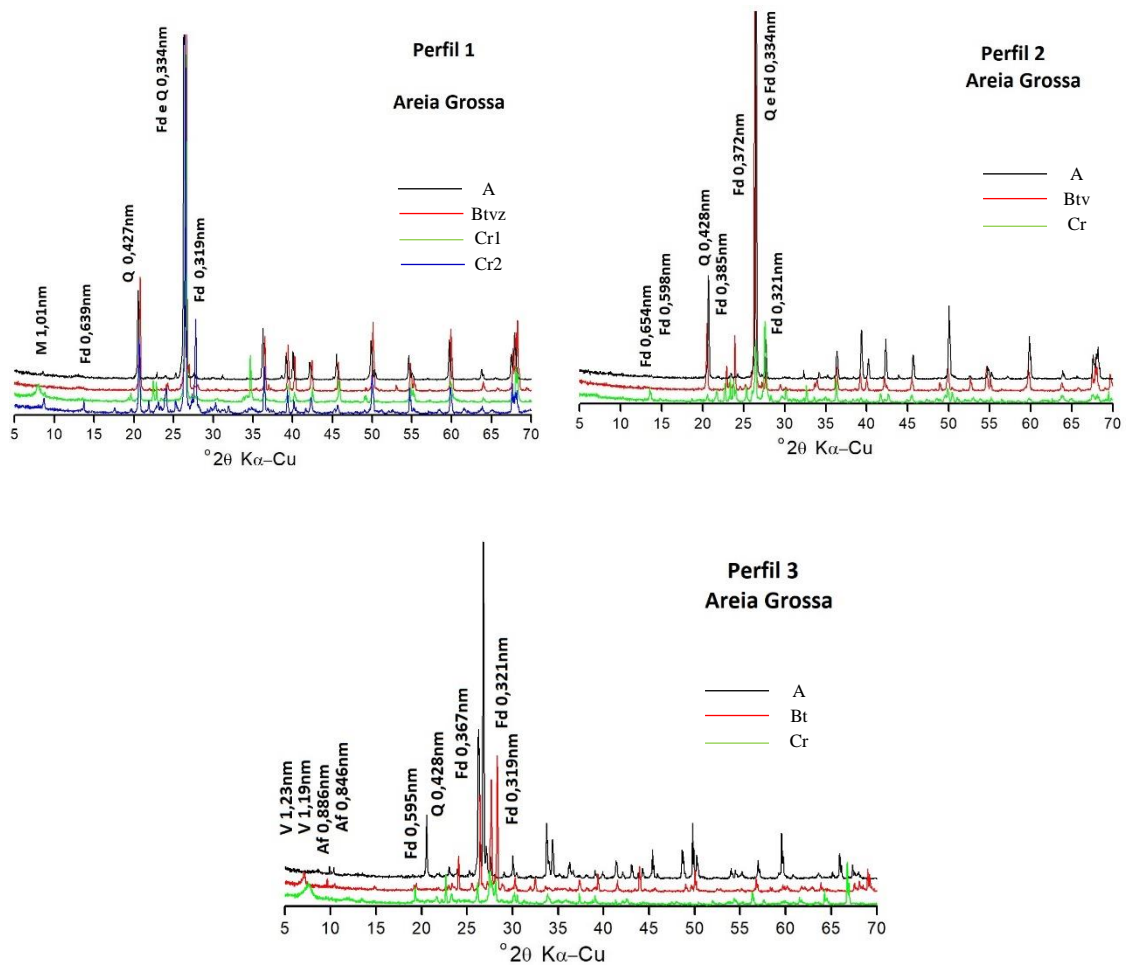


Figura 9 – Difratogramas de raios X das areias grossa. Fd = Feldspato; Q = Quartzo; V = Vermiculita; M = Mica; Af = Anfibólio

A ocorrência do quartzo na fração areia dos solos é bastante comum e está, não somente, associada à sua resistência ao intemperismo, mas também como herança do material parental. Já os feldspatos são os principais minerais silicatados do grupo dos tectossilicatos. Os feldspatos potássicos (ortoclásios) apresentam resistência média ao intemperismo e podem persistir no processo de alteração (MELO et al., 2009), indicando que estes solos são poucos desenvolvidos. Os K-feldspatos constitui uma fonte mineral de K para as plantas.

Fração Argila

A difração de raios-X da fração argila dos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais B revelam a presença basicamente de Esmectita (Es), Ilita (It), Vermiculita (Vm), Caulinita (Ct) e interestratificados (Figuras 10a e 10b).

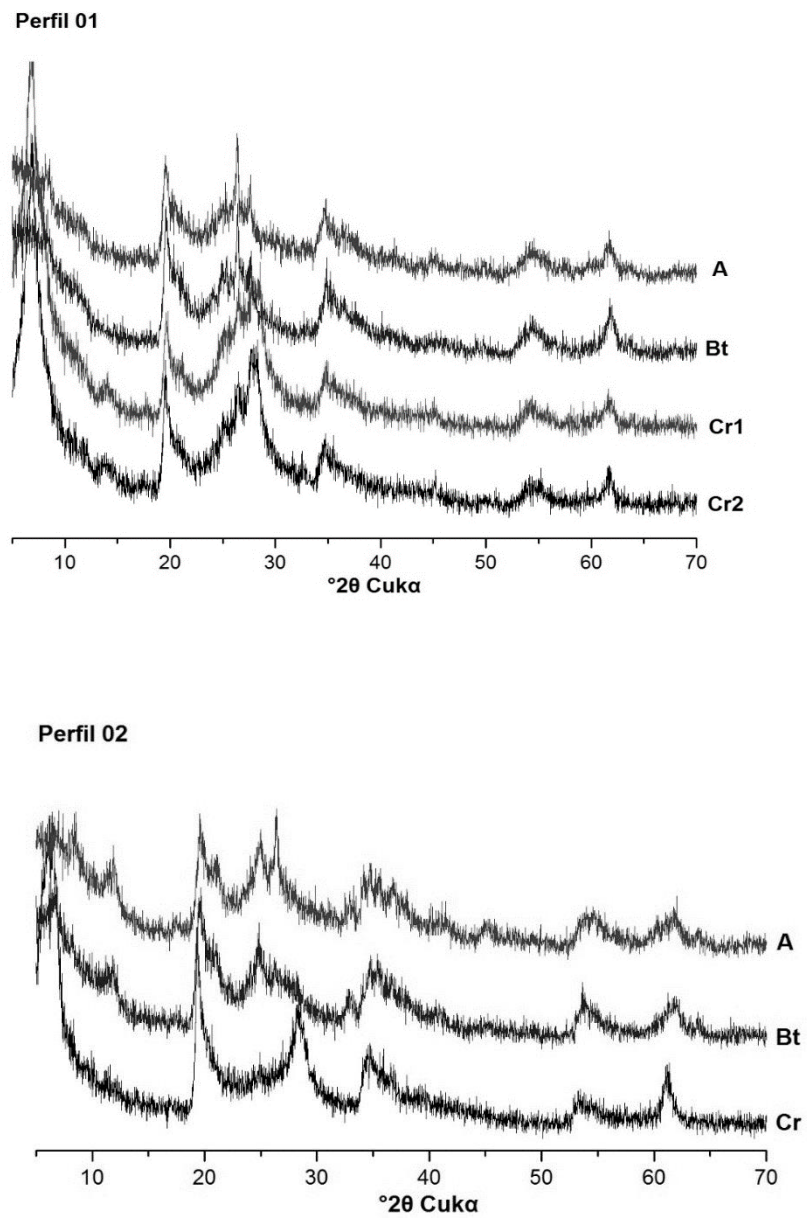


Figura 10a – Difratomogramas de raios X da Fração argila natural dos Perfis 1 e 2

Perfil 03

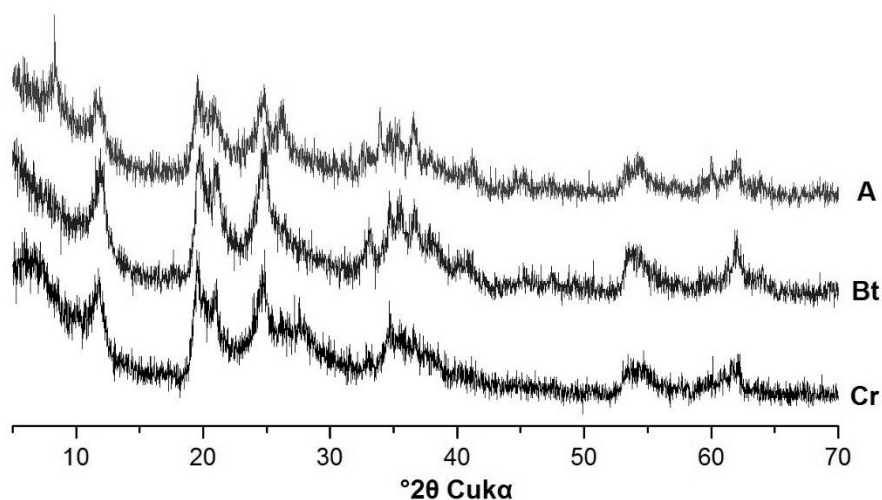


Figura 10b – Difratoformas de raios X da Fração argila natural do Perfil 3

A participação da ilita e caulinita é maior no horizonte superficial. Os três perfis possuem minerais esmectíticos apontados nos picos de difração no horizonte A de 1,90nm (P1), 1,78 nm (P2) e 1,786 nm (P3) (Figura 11).

A composição da argila dos horizontes superficiais analisada mostra um gradiente ao longo do transecto: na porção seca (P1) há um predomínio de esmectitas; na porção intermediária (P2) o pico de difração da ilita a 1,001 nm mais intenso em relação P1, provavelmente devido ao intemperismo de plagioclásios, evidenciado pela processo de sericitação; e porção menos seca (P3), caulinita e ilita é registrada quase exclusivamente. (BÉRTAD et al., 2009; GUNNELL; BOURGEON, 1997).

No horizonte A do P1 aparece um interestratificado esmectita-caulinita, verificado no pico de difração 0,78 nm; em P2 a caulinita é identificada como um dos principais argilominerais com pico a 0,726 nm e no horizonte A de P3 de 0,72 nm, ambos colapsando após tratamento a 550°C. A ilita e caulinita estão bem cristalizadas, no horizonte A do P3 com picos a 1,00 nm e 0,72 nm, respectivamente, menos largos e com maior intensidade comparados aos minerais expansivos 2:1, principalmente nos horizontes A e Bt do P3 (BÉRTAD, 2012).

A ocorrência de caulinita-esmectita representa a transformação de esmectitas em caulinita que ocorre apenas sob condições climáticas úmidas com chuvas abundantes e requer um grau mais elevado de lixiviação. No entanto, a neoformação de esmectitas a partir da dissolução de anfibólios e/ou mica ocorre, com mais frequência, em solos com pouca lixiviação, de drenagem limitada ou clima árido, uma vez que tais condições permitem a manutenção de

grande concentração de íons necessária para a formação de esmectitas (VIDAL-TORRADO, AZEVEDO, 2009).

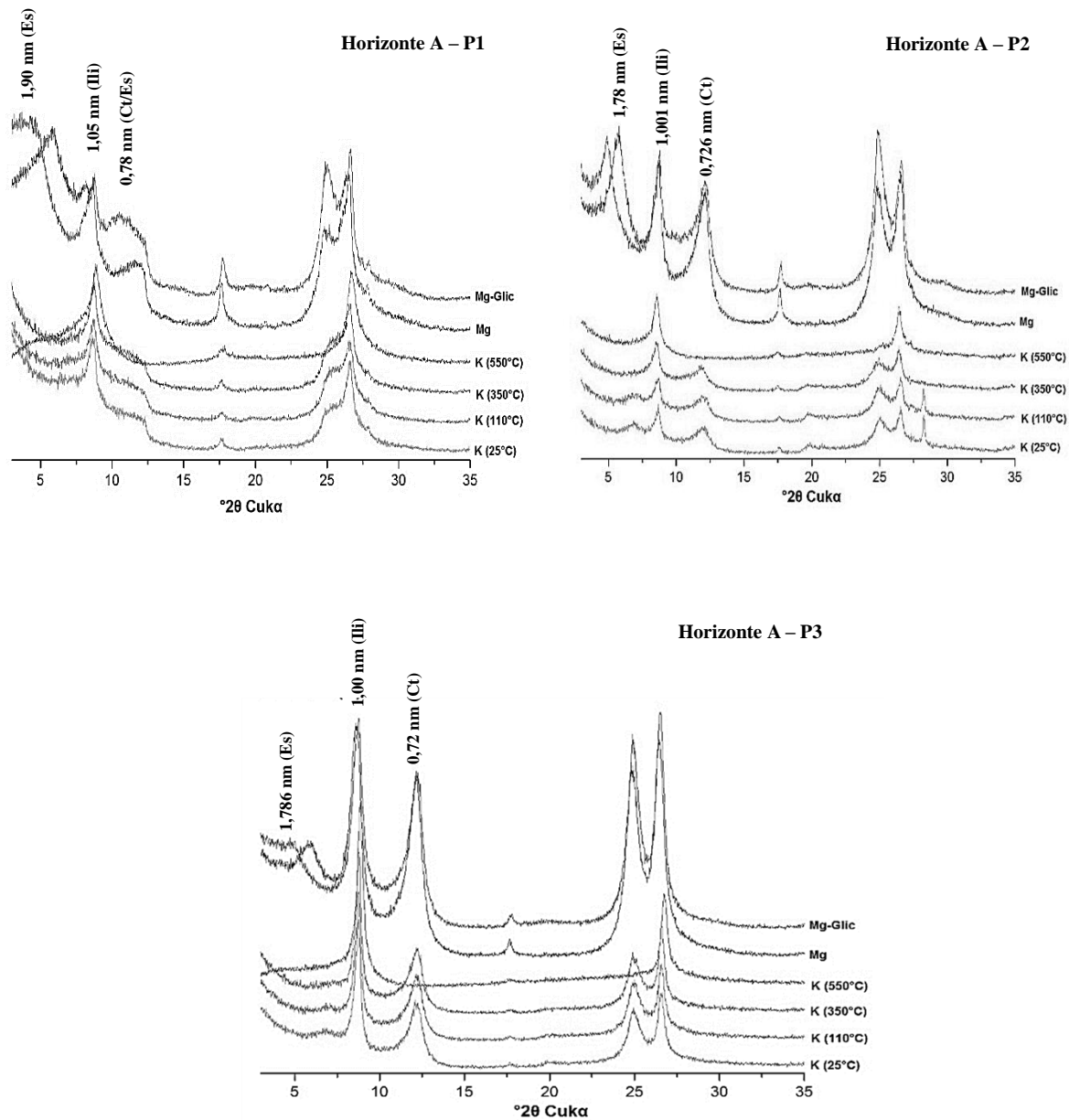


Figura 11 – Difratomogramas de raios X das argilas desferrificadas e saturadas com K e Mg, e solvatadas com glicerol, do horizonte A dos três perfis. Es = esmectita; Ili = ilita; Ct/Es = interstratificado caulinita-esmectita; Ct = caulinita

Nos horizontes Bt as esmectitas aparecem como interstratificados de esmectita-ilita (Es/Ili) e caulinita-esmectita (Ct/Es) em P1 produzindo um reflexo a 2,22 nm e 0,80 nm, respectivamente; esmectita (Es) e caulinita-esmectita (Ct/Es) em P2 a 1,844 nm e 0,72 nm, respectivamente. Em P3, caulinita aparece quase que exclusivamente. (Figura 12).

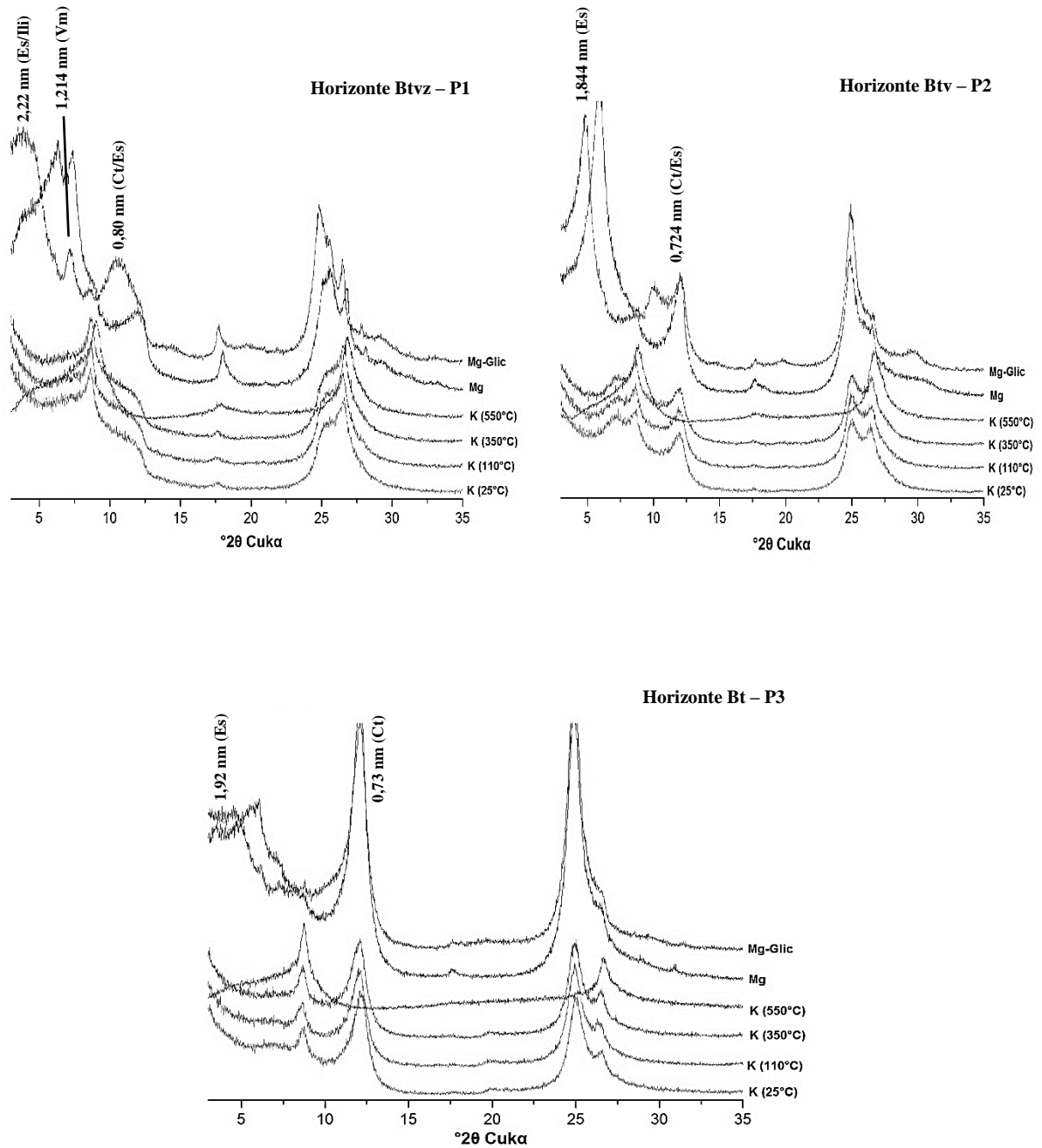


Figura 12 – Difractogramas de raios X das argilas desferrificadas e saturadas com K e Mg, e solvatadas com glicerol, do horizonte Bt dos três perfis. Es = esmectita; Es/Ili = interstratificado esmectita-ilita; Vm = vermiculita; Ct/Es = interstratificado caulinita-esmectita; Ct = caulinita

Argila Fina

Ao avaliar a mineralogia da fração argila total (Mg-Gli) e a argila fina (Mg-Gli) ambos do horizonte A, nota-se uma menor presença de minerais esmectíticos e interstratificados esmectíticos, assim como na fração fina deste horizonte. Esses dados observados na argila fina

ficam ainda mais claros nas Figuras 13a e 13b. Esses resultados podem significar um importante processo de erosão diferencial, já discutidas anteriormente, que normalmente ocorre em solos de região semiárida, sendo os colóides de granulação mais fina os mais susceptíveis de serem transportados, fazendo com que o horizonte A tenha menor presença de minerais expansíveis. No horizonte Bt há um nítido aumento na intensidade dos picos de difração que coincidem com argilominerais 1:1 no sentido de P1 a P3.

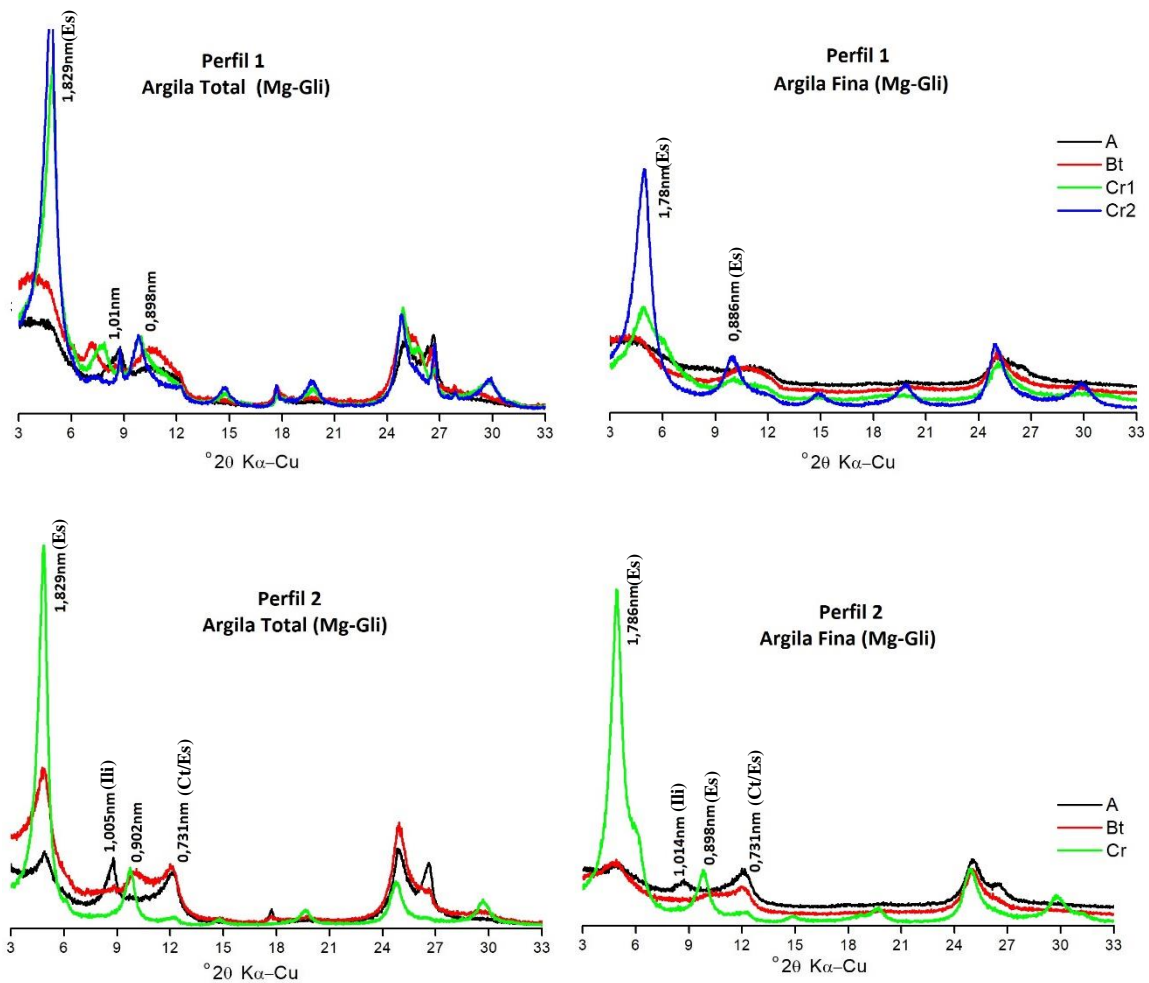


Figura 13a – Difratoograma de raios X da fração argila total (saturadas com Mg-Gli) e da fração argila fina (saturadas com Mg-Gli) do **P1** e **P2**. Ct/Es = interestratificado caulinita-esmectita; Ct = caulinita; (Ili) = illita; Es = esmectita

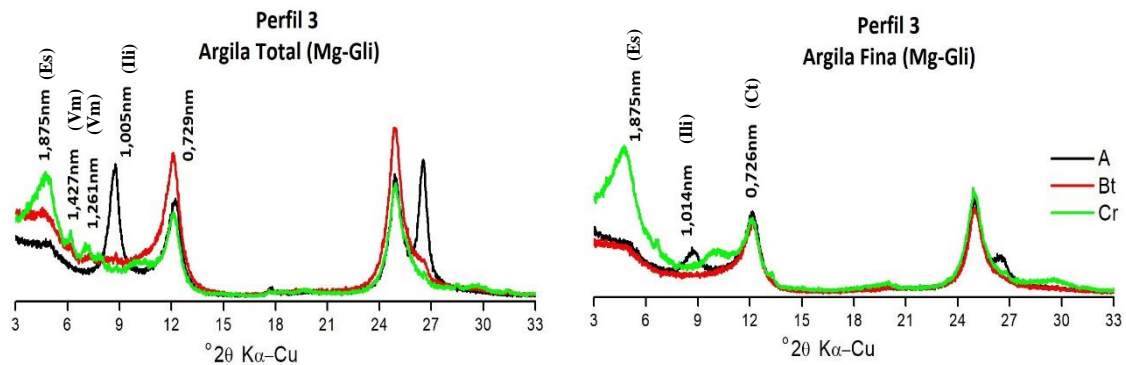


Figura 13b – Difractograma de raios X da fração argila total (saturadas com Mg-Gli) e da fração argila fina (saturadas com Mg-Gli) do **P3**. Vm = vermiculita; Ct = caulinita; (Ili) = ilita; Es = esmectita.

A neoformação de minerais 2:1 (bissialitização) nas camadas mais profundas dos solos pode ter sido responsável pela gênese dos horizontes argílicos, ou seja, pela diferenciação textural entre horizontes superficiais e subsuperficiais; e a gênese (neoformação) de ilita, constatada pelos intensos picos de DRX nos horizontes superficiais pode estar sendo favorecida às custas do intemperismo de feldspatos e micas primárias (BARBOSA et al., 2014; BÉRTARD et al., 2009; GUNNELL; BOURGEON, 1997).

4.5 Atributos Micromorfológicos

O resumo dos atributos micromorfológicos dos horizontes Bt encontram-se descritos na Tabela 7. As observações das lâminas delgadas indicaram um predomínio de material fino variando de 55% a 60%, seguido de material grosso e poros, no entanto, sem diferenças marcantes nos três perfis. Os grãos do esqueleto são formados por quartzo, anfibólios, biotita e feldspatos, sendo o quartzo o constituinte principal do material grosso nos três perfis, P1 com 86%, P2 e P3 com 95%.

O quartzo ocorre entre os tamanhos de 0,12 a 2,0 mm (Figura 14). No P1 apresenta formato subalongado a esférico e subangular; baixa frequência de policristalinos; baixa frequência de fraturados com preenchimento de material fino de cor amarelada; bordas lisas; sem alteração aparente. Em P2 se apresenta com formatos de subsférico a esférico e subangulares a angulares; baixa frequência de policristalinos; baixa frequência de fraturados; bordas lisas; sem alteração aparente. No P3 ocorre no formato subsférico à esférico e

subangulares a angulares; baixa frequência de policristalinos; baixa frequência de fraturados; bordas lisas; sem alteração aparente.

Observando cada constituinte, houve uma tendência a diminuir a proporção de minerais máficos do P1 ao P3: biotita e anfibólios apresentaram 5% e 5% do material grosso, respectivamente, no P1; 1% de anfibólios no P2; 2% de anfibólios e menos de 1% de biotita no P3.

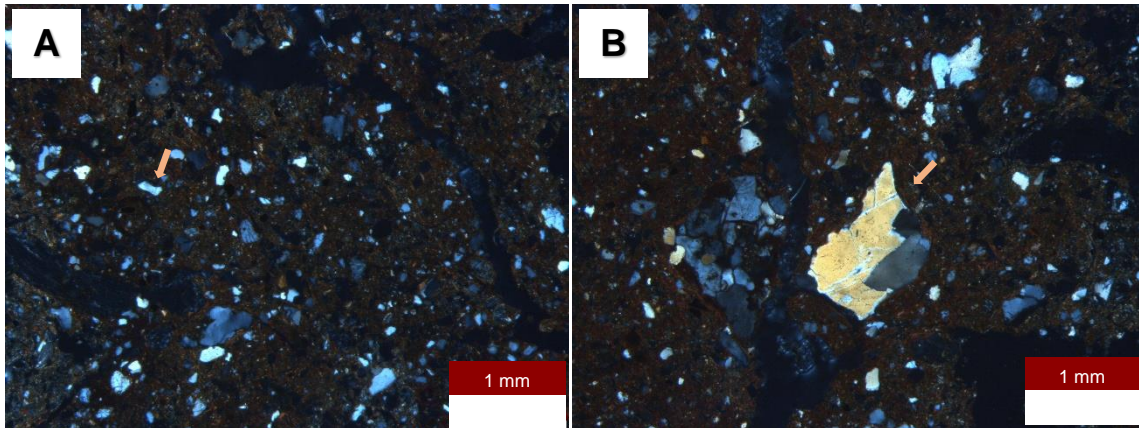


Figura 14 – Grãos de quartzo em diferentes tamanhos no P2, horizonte Btvz xpl. A) Formato alongado e subangular; B) Formato entre subs esférico a esférico e angular

Herdados do material de origem, os anfibólios foram os mais representativos dos minerais máficos no material grosso, com 5% no P1 e 2% no P3 nos horizontes Bt. Quanto ao seu tamanho não houve um padrão, variaram de 0,5 a 2,5 mm. Em P1 apresentou-se em diferentes estágios de alteração dos tipos pelicular irregular e linear cruzada, segundo plano de clivagem, grau de intemperismo nas classes 1 a 3, isomórfica (Figura 15a); produto de alteração de cor bruno-amarelada e bruno- avermelhado, anisotrópico e isotrópico, respectivamente e límpido. No P2 ocorre nos estágios de alteração dos tipos pelicular irregular e linear cruzada, segundo plano de clivagem (classes 1 a 3, isomórfica); produto de alteração de cor bruno e bruno-avermelhado, isotrópico e límpido. Em P3 apresentou-se em diferentes estágios de alteração dos tipos pelicular irregular e linear cruzada, segundo plano de clivagem (classes 1 a 3, isomórfica) (Figura 15b e 15c); produto de alteração de cor bruno e bruno-avermelhado, isotrópico e límpido. Ocorrendo, frequentemente, na forma de nódulos pseudomorfos (proteção por meio de revestimentos de camadas de óxidos).

A biotita foi mais expressiva no P1 e pouco representativa em P3. Como nos outros minerais citados anteriormente, não houve padrão em relação ao seu tamanho, que variou de 0,4 a 1,0 mm. No P1 encontra-se em diferentes estágios de alteração dos tipos pelicular regular e linear paralela, expressa pela abertura das lâminas segundo os planos de clivagem, podendo

apresentar-se totalmente alterada (classe 1 a 4, mesomórfica); produto de alteração de cor bruno-amarelada, límpido e anisotrópico. Apresentou uma grande amplitude no tipo e no grau de alteração. Em P3 encontra-se em diferentes estágios de alteração dos tipos pelicular regular e linear paralela, podendo apresentar-se totalmente alterada (classe 2 e 4, mesomórfica); produto de alteração de cor bruno-avermelhado e vermelho (Figura 15d).

A biotita apresenta maior grau de alteração do que os anfibólios, que na série de dissolução de Goldich estes são menos estáveis do que os primeiros quando em ambiente de solo, ou seja, anfibólios deveriam se alterar primeiro do que as micas. Tal observação pode ser possível se plasma resultante do intemperismo dos plagioclásios mais cálcicos (que são menos estáveis comparados aos anfibólios) esteja protegendo a hornblenda da ação intempérica.

Os feldspatos foram pouco representativos, não ultrapassando 2% no P1 e P2; ortoclásio (2%) e plagioclásios (menos de 1%) no P3. Feldspatos em P1 apresentou-se em estágio de alteração tipo pelicular irregular, e linear regular e irregular segundo plano de clivagem e fraturas, respectivamente; produto da alteração de cor semelhante a matiz do material fino adjacente, límpido e isotrópico. Em P2, estágio de alteração tipo pelicular irregular e cavitária irregular; produto da alteração de cor amarelo pálido, límpido e isotrópico.

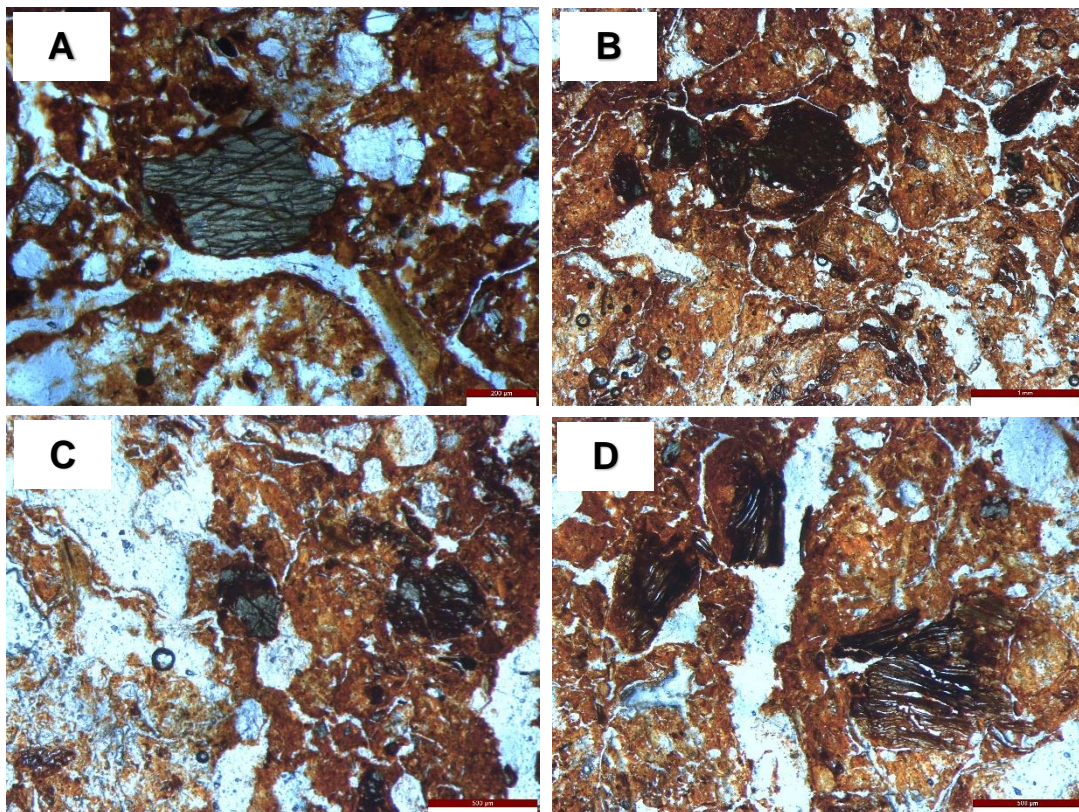


Figura 15 – Fotomicrografias do horizonte Bt. A) Hornblenda, P1, grau de alteração 1, ppl.; B) Hornblenda, P3, produto de alteração vermelho intenso semelhante ao solo adjacente, grau de alteração 4, ppl.; C) Hornblenda em diversos estágios de alteração, P3, ppl.; D) Biotita alterada, P3,ppl

No P3, o ortoclásio apresentou-se em estágio de alteração tipo pelicular irregular e cavitária irregular (Classe 2 e 3); produto da alteração de cor bruno-amarelada, límpido e isotrópico; plagioclásios apresentou alterações do tipo pelicular irregular, linear irregular e cavitária (grau de intemperismo nas classes de 1 a 4). Com produto de alteração de cor bruno-amarelado. Provável presença de sericita e caulinita, como produto de alteração. Nos grãos mais alterados presença de caulinita. O material fino tem constituição mineral, apresentou cor bruno-avermelhado, isótico, límpido nos três perfis.

Quanto a microestrutura os três perfis também apresentaram uma homogeneidade, sendo apenas no P1 a estrutura em blocos angulares e subangulares (Figura 16), enquanto no P2 e P3 foi de blocos angulares. Quanto ao grau de desenvolvimento da microestrutura, P1 e P2 apresentaram moderada pedalidade, enquanto P3 apresentou uma pedalidade fracamente desenvolvida. Todos parcialmente acomodados.

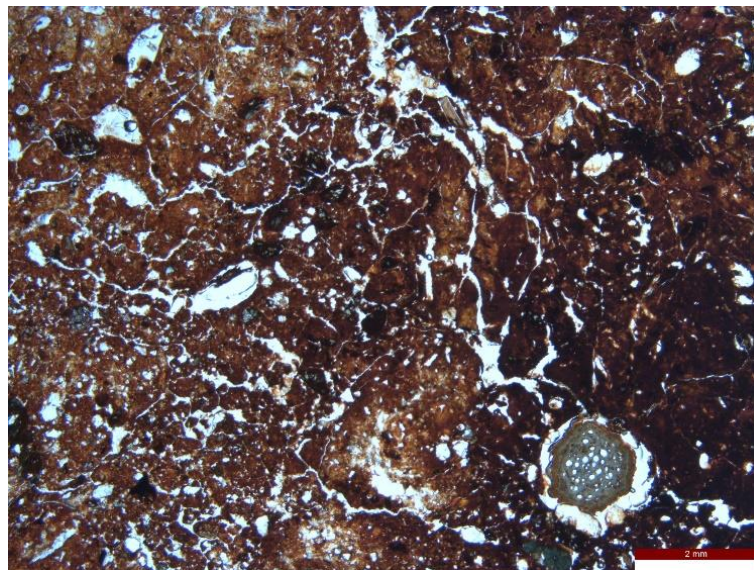


Figura 16 – Fotomicrografia do horizonte Bt, P1, microestrutura em blocos angulares e subangulares, moderada pedalidade

As fábricas birrefringentes (fábricas-b) foram semelhantes nos perfis: salpicada granida, salpicada mosaico e granoestriada, com ausência de fábrica-b poroestriada típica de slickensides. No Bt do P3, apesar de apresentar cerosidade comum e fraca, não foi detectável qualquer indício de preenchimentos de argila ou feições de argiluviação, assim como a ausência de superfícies alisadas. Tal observação pode ter sido confundida com o brilho das micas alteradas (OLIVEIRA, 2008; OLIVEIRA 2007). As feições pedológicas observadas foram de excrementos (antigos ou recentes). O padrão de distribuição relativa é a porfírica.

Solos escuros profundos em aluviões derivados de basaltos intemperizados, com propriedades típicas de Vertissolos, exceto pela presença de slickensides, apresentam apenas fábricas-b poroestriada fracamente desenvolvidas. No entanto, nestes solos que possuem caráter vértico, processos de encolhimento e expansão são operativos, mas sua extensão não é grande o suficiente para reorganizar as partículas e produzir fábricas-b típicas de horizontes vérticos. Os solos dominados por esmectitas na fração argila podem precisar de pelo menos 550 anos de encolhimento e expansão antes que se consigam formar fábricas-b estriadas (KOVDA; MERMUT, 2010 apud PARANJAPE et al., 1997).

Os principais processos que podem ser evidenciados é a transformação e neoformação de minerais secundários e a colorização do horizonte Bt (OLIVEIRA et al., 2008). As pedofeições observadas foram de excrementos antigos e recentes (Figura 17).

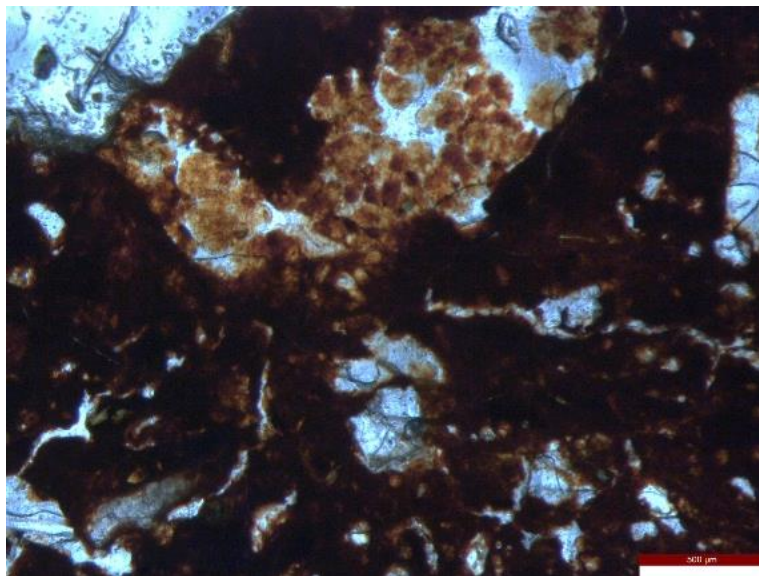


Figura 17 – Fotomicrografias de Excrementos antigos, P1, ppl

Tabela 7 – Atributos Micromorfológicos dos três horizontes B textural

	P1	P2	P3
Atributos	Btvz	Btv	Bt
Geral	MG (20 %); MF (60 %); Poros (20 %)	MG (20 %); MF (55 %); Poros (25 %).	MG (25 %); MF (55 %); Poros (20 %).
Microestrutura	Blocos angulares e subangulares moderadamente desenvolvido	Blocos angulares moderadamente desenvolvidos	Blocos angulares fracamente desenvolvidos
Material Fino	Bruno-avermelhado	Bruno-avermelhado	Bruno-avermelhado
Material Grosso	Quartzo (86%), Biotita (5%), Anfibólio (5%), Feldspatos (2%), Raízes (<1%) e opacos (<1%). Ausência de carvão.	Quartzo (95%), Feldspatos (2%), Anfibólio (1%), Raízes (1%) e opacos (1%). Ausência de carvão.	Quartzo (95%), Anfibólio (2%), Ortoclásio (2%), Biotita (<1%), plagioclásio (<1%), raízes (<1%) e opacos (<1%). Ausência de carvão.
Poros	Interagregados (canais, câmaras, cavidades e fissuras); Intraagregados (cavidades e fissuras).	Interagregados (canais, câmaras, cavidades e fissuras); Intraagregados (cavidades, fissuras e câmaras).	Interagregados (canal, fissuras, cavidades e câmaras); intraagregados (cavidades, fissuras e câmaras)
Distribuição Relativa	Porfírica	Porfírica	Porfírica
Fábricas-b	Salpicada granida; salpicada mosaico; granoestriada. Ausência de fábrica poroestriada típica de slickensides.	Salpicada granida; salpicada mosaico; granoestriada. Ausência de fábrica poroestriada típica de slickensides.	Salpicada granida; salpicada mosaico; granoestriada.
Pedofeição	feição biológica de excrementos antigos	ausentes	feição biológica de excrementos recentes.

4.6 Classificação dos Solos

4.6.1 Classificação dos solos pelo sistema brasileiro (SiBCS)

O P1 foi classificado no primeiro nível categórico (ordem) como Luvisolo, por atender os seguintes critérios: apresenta textura média/argilosa e material mineral com horizonte B textural, com argila de atividade alta ($>50 \text{ cmolc.kg}^{-1}$), alta saturação por bases ($> 90\%$) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B e imediatamente abaixo de horizonte A moderado. No segundo nível categórico (subordem) foi classificado como Crômico, por apresentar caráter crômico na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.. No terceiro nível categórico (grandes grupos) foi avaliado como Órtico por não se enquadrar em outras classes. No quarto nível categórico (subgrupos) é considerado salino pois apresenta caráter salino dentro de 100 cm de profundidade. No entanto apresenta caráter vertissólico e caráter solódico, não se enquadrando em uma classe já existente. Sendo assim, constitui uma nova classe ainda não catalogada no SiBCS. A classificação final ficará: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico salino vertissólico solódico.

O P2 possui as mesmas características que o perfil 1 até o terceiro nível. Entretanto, diferencia-se do perfil 1 por possuir uma textura mais argilosa e por não apresentar caráter salino e nem caráter solódico. Logo, esse solo foi classificado como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico.

O P3 possui as mesmas características que os perfis anteriores até o terceiro nível. No quarto nível categórico se enquadra como típico, já que não se enquadra nas classes anteriores. Logo, esse solo foi classificado como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico.

4.6.2 Classificação dos solos pelo sistema da FAO (WRB)

O P1 foi classificado no primeiro nível como *Luvisol*, pois apresenta um *Argic horizon* ≤ 100 cm da superfície do solo mineral, com argila atividade alta, saturação por bases também elevada e propriedades vérticas, iniciando em ≤ 100 cm da superfície do solo mineral. Para o segundo nível do sistema, o qualificador principal é o *Chromic* e os suplementares “hypereutric”, “protosalic”. “sodic”. Sendo assim o solo foi classificado como: *Chromic Vertic Luvisol (hypereutric, protosalic, sodic)* (FAO/WRB, 2014).

No P2 segue a mesma lógica do P1 para a definição da classe e do segundo nível do sistema, o qualificador principal. O suplementar “hypereutric” (percentual de saturação por

bases $\geq 50\%$ entre 20 e 100 cm da superfície do solo mineral, e $\geq 80\%$ em alguma camada entre 20 e 100 cm a superfície do solo mineral). Sendo assim o solo foi classificado como: *Chromic Vertic Luvisol (hypereutric)* (FAO/WRB, 2014).

O P3 foi classificado como *Luvisol* pois apresenta um *Argic horizon* ≤ 100 cm da superfície do solo mineral, com argila atividade alta e saturação por bases. Para o segundo nível do sistema, o qualificador principal é o “Chromic” e os suplementares “hypereutric”. Sendo assim o solo foi classificado como: *Chromic Luvisol (hypereutric)*. (FAO/WRB, 2014).

5 CONCLUSÕES

I – Os Luvisolos formados na porção mais seca e intermediária apresentam caráter vértico mais expressivo e predomínio de estruturas prismáticas no horizonte Bt e argila de atividade alta, o que pode ser atribuído ao predomínio de argilominerais expansivos (2:1) e interestratificados esmectíticos;

II – A gênese (através da neoformação ou transformação) de minerais cauliníticos não é uma atribuição exclusiva de climas quentes e úmidos, mas também pode aparecer em climas quentes e secos, em condições semiáridas. Apesar da baixa variabilidade espacial, o estudo mostrou que na porção mais seca o processo predominante é a “bissialitização”, enquanto que em Afogados da Ingazeira (porção menos seca) a “monossialitização” é uma rota impérica, corroborada pelas análises mineralógicas da fração argila;

III – O processo de argilação (formação de argila *in situ*) foi o principal responsável pela diferenciação textural nos três perfis, não havendo evidências nas análises micromorfológicas que sustentem o processo de argiluviação (translocação de argila).

IV – Nos aspectos taxonômicos, propõe-se a inclusão de um subgrupo “vertissólico solódico” dentro da classe dos Luvisolos Crômicos Órticos salino, para enquadrar estes tipos de solos que possuem também além do caráter salino, o caráter vértico e solódico.

6 REFERÊNCIAS

- ABAYNEH, E.; ZAUZYAH, S.; HANAFI, M.M.; ROSENANI, A.B. Genesis and classification of sesquioxidic soils from volcanic rocks in sub-humid tropical highlands of Ethiopia. **Geoderma**, Amsterdam, v.136, p. 682–695, 2006.
- AGBENIN, J.O.; TIESSEN, H. Phosphorus transformations in a toposequence of Lithosols and Cambisols from semi-arid northeastern Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 62, p. 345–362, 1994.
- ALMEIDA, B.G.; VIANA, J.H.M.; TEIXEIRA, W.G.; DONAGEMMA, G.K. **Densidade do Solo**. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 65-75.
- ALMEIDA, B.G.; FREITAS, P. L.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H. M; DONAGEMMA, G. K. **Porosidade Total**. In: TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 82-86.
- ARAÚJO FILHO, J.A. Histórico Do Uso Dos Solos Da Caatinga. 2000 In: ARAUJO, Q.R. de (org). **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 329-337.
- ARAÚJO FILHO, J. C.; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H.B.B.; MEDEIROS, L. A.R.; MÉLO FILHO, H.F.R.; PARAHYBA, R.B.V.; CAVALCANTI, A. C.; OLIVEIRA NETO, M.B.; SILVA, F.B.R.; LEITE, A.P.; SANTOS, J.C.P.; SOUSA NETO, N.C.; SILVA, A.B.; LUZ, L.R.Q.P.; LIMA, P.C.; REIS, R.M.G.; BARROS, A.H.C. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 252 p.
- ARAÚJO FILHO, J.C. Relação Solo e Paisagem no bioma caatinga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14., 2011, Dourados. **Dinâmicas socioambientais das inter-relações às interdependências**. Dourados: UFGD, 2011. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/896995>> Acesso em: 24 de agosto de 2018.
- ARAÚJO, M.S.B.; SCHAEFER, C.E.R.; SAMPAIO, E.V.S.B. Soil phosphorus fractions from toposequences of semi-arid Latosols and Luvisols in northeastern Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 119, p.309–321, 2004.
- AZEVEDO, A.C.; VIDAL-TORRADO, P. Esmectita, Vermiculita, Minerais com hidróxi entrecamadas e Clorita. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo parte I - conceitos básicos**, Viçosa: SBCS, p. 382-418, 2009.
- BARBERA, V.; RAIMONDI, S.; EGLI, M.; PLOTZE, M. The influence of weathering processes Mediterranean on labile and stable organic matter in volcanic soils. **Geoderma**, Amsterdam, v.143, p.191–205. 2008.

BARBOSA, W.R.; ROMERO, R.E.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; COOPER, M.; SARTOR, L. R.; FERREIRA, T.O.; MOYA PARTITI, C.S.; JORGE, F.O.; COHEN, R.; JESUS, S.L. Effects of slope orientation on pedogenesis of altimontane soils from the Brazilian semi-arid region (Baturité massif, Ceará). **Environmental Earth Science**, Berlim, v. 73, p.3731–3743, 2015.

BARSHAD, I. Chemistry of soil development. In: BEAR, F.T., Chemistry of the soil. Reinhold Publication Corporation: New York, p.1-41, 1964.

BÉTARD, F.; CANER, L.; GUNNELL, Y.; BOURGEON, G. Illite neoformation in plagioclase during weathering: evidence from semi-arid Northeast Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v.152, p. 53–62, 2009.

BÉTARD, F. Spatial variations of soil weathering processes in a tropical mountain environment: The Baturité massif and its piedmont (Ceará, NE Brazil). **Catena**, Amsterdam, v. 93, p.18-28, 2012.

BOERO, V.; SCHWERTMANN, U. Iron oxide mineralogy of terra rossa and its genetic implications. **Geoderma**, Amsterdam, v. 44, p. 319-327, 1989.

BRADY, N. C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. São Paulo: Bookman, p.127, 2013

BRASIL, Governo do Brasil. **Semiárido brasileiro ultrapassa 23,5 milhões de habitantes**. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/noticias/educacao-e-ciencia/2014/09/semi-arido-brasileiro-ultrapassa-23-5-milhoes-de-habitantes>>. Acesso em 23 de setembro de 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para a redelimitação do Semi-Árido nordestino e do polígono das secas**. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/documents/10157/4209601/E6-Relat%C3%B3rio+final+do+GT+Delimita%C3%A7%C3%A3o+do+Semi%C3%A1rido.pdf/>>. Acesso em 25 de Agosto de 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Divisão de Pesquisa Pedológica, DNPEA. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, Convênio. MA/USAID/BRASIL. 1971. 530 (Boletim técnico, 21).

BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification. In: BRINDLEY, G.W; BROWN, G. London: **Mineralogical Society**, chapter 5, p.305-360, 1980.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. Handbook for soil thin section description. **Waine Research Publications**, Wolverhampton, 1985.

BUOL, S.W.; SOUTHARD, R.J.; GRAHAM, R. C.; McDANIEL, P.A. **Soil genesis and classification**. Oxford, p. 163-180, 2011

CAMPOS, D.V.B.; TEIXEIRA, P.C.; PÉREZ, D.V.; SALDANHA, M.F.C. Acidez Potencial. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 233-237.

CAPECHE, C.L. Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 1-6. 2008

CHAPMAN, S.L.; HORN, M.E. Parent material uniformity and origin of silty soils in Northwest Arkansas based on zirconium – titanium contents. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 32, p. 265-171, 1968.

CHEN T.; XIE, Q.; XU, H.; CHEN, J.; JI, J.; LU, H.; BALSAM, W. Characteristics and formation mechanism of pedogenic hematite in Quaternary Chinese loess and paleosols. **Catena**, Amsterdam, v. 81, p. 217–225, 2010.

COELHO, M.R.; SANTOS, H.G.; SILVA, E.F.; AGLIO, M.L.D. O Recurso Natural Solo. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JR., E. & PERES, J.R.R. **Uso Agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, v. 20, p. 1-11. 2002.

COMPANHIA DO DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA - CODEVASF. **Projeto Xingó, estudos de pré-viabilidade**. Porto Alegre: ECOPLAN/CODEVASF, 2000. 446p.

CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; RUIZ, H.A.; BASTOS, R.S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, 311-324. 2003.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Gestão territorial: Geodiversidade de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Mapas-de-Geodiversidade-Estaduais-1339.html>>. Acesso em: 06/06/2017.

CPRM. **Projeto Cadastro das fontes de Abastecimento por água Subterrânea – Diagnóstico do Município de Itacuruba-PE**- Recife, p. 4-5, 2005a.

CPRM. **Projeto Cadastro das fontes de Abastecimento por água Subterrânea – Diagnóstico do Município de Serra Talhada-PE**- Recife, p. 4-5, 2005b.

CPRM. **Projeto Cadastro das fontes de Abastecimento por água Subterrânea – Diagnóstico do Município de Afoagdos da Ingazeira-PE**- Recife, p. 4-5, 2005c.

CREMEENS, D.L.; MOKMA, D.L. Argillic horizon expression and classification in the soils of two Michigan hydrosequences. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 50, p. 1002-1007, 1986.

CUNHA, T.J.F.; PETRERE, V.G.; SILVA, D.J.; MENDES, A.M.S.; MELO, R.F.; OLIVEIRA NETO, M.B.; SILVA, M.S.L.; ALVAREZ, I.A. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. 2010. In: SÁ, I.B.; SILVA, P.C.G. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 2, p. 50-87, 2010.

DEEPTHY, R.; BALAKRISHNAN, S. Climatic control on clay mineral formation: Evidence from weathering profiles developed on either side of the Western Ghats. **Journal Earth System Science**, Berlim, v. 114, p. 545–556, 2005.

DEKAYIR, A.; EL-MAATAOUI, M. Mineralogy and geochemistry of supergene alteration of an alkali basalt from the Middle Atlas, Morocco. **Journal of African Earth Sciences**, Amsterdam, v. 32, p. 619–633, 2002.

DIXON, J.B.; SCHULZE, D.G. Soil Mineralogy with Environmental Applications. SSSA Book Ser. 7. **Soil Science Society of America**, Madison, 2002.

DONAGEMMA, G.K.; VIANA, J.H.M.; ALMEIDA, B.G; RUIZ, H.A.; KLEIN, V.A.; DECHEN, S.C.F. FERNANDES, R.B.A. Análise Granulométrica. In: TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 95-116.

DONAGEMMA, G.K.; VIANA, J.H.M. Argila Dispersa em Água e Grau de flocculação. In: TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 118-124

DREES, L.R.; WILDING, L.P. Elemental variability within a sampling unit. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 37, p.82-87, 1977.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª Edição. Brasília, DF, 2013. 353p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Edição rev. e ampl. Brasília, DF, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Brasília, DF. 2017, 575p.

FAO, World reference base for soil resources. World Soil Resources Reports 106. FAO, Roma, 2014. 192 p.

FLINT, A.L.; FLINT, L.E. Particle density. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C. Methods of soil analysis. Madison: **Soil Science Society of America**, pt. 4, p. 229-240, 2002.

FONTANA, A.; VIANA, J.H.M.; DONAGEMMA, G.K.; ALEMEIDA, B. G.; CORREA, J.C.O.; OLIVEIRA, E.M. Preparo de amostras e separação de terra fina, cascalho e calhaus. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 21-28.

HALL, G.F. Pedology and Geomorphology. In: WILDING, L. P.; HALL, G.F.; SMECK, N. E. **Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concepts and Interactions**. Nova York., p.117-140,1983.

GEE, G.W.; OR, D. Particle size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, C.T. Methods of soil analysis: physical methods., **Soil Science Society American**, Madison, cap. II, p.255-289, 2002.

GRAHAM, R.C.; VIZCAINO, E. Soils on igneous and metavolcanic rocks in the Sonoran Desert of Baja-California, Mexico. **Geoderma**, Amsterdam, v. 54, p. 1–21. 1992.

GRESENS, R.L. Composition-volume relationships of metasomatism. **Chemical Geology**, Amsterdam, v.2, p. 47-55, 1967.

GROSSMAN, R.B.; REINSCH, T.G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: **Soil Science Society of America**, pt. 4, p. 201-225, 2002.

GUEDES, M. V. **Situação das áreas de reserva legal e proteção dos recursos naturais em assentamentos rurais da Mata Meridional pernambucana**. Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Recife, Pernambuco. p. 143. 2012. Dissertação (Mestrado).

GUNNELL, Y.; BOURGEON, G. Soils and climatic geomorphology on the Karnataka Plateau, peninsular India. **Catena**, Amsterdam, v. 29, 239–262. 1997.

HALDAR, S.K. *Introduction to Mineralogy and Petrology*. **Elsevier**, Amsterdam, p. 230-250, 2014

HOLMGREN, G.G.S. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.31, p.210-211, 1967.

IBGE. *Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico de Pedologia*. 3ª Edição. Rio de Janeiro, 2015, p.425.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012, p.271.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/semiarido.shtm?c=4>> Acesso em: 16/06/2017.

IBRAIMO, M.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LANI, J.L.; ROLIM NETO, F.C.; ALBUQUERQUE, M.A.; MIRANDA, V.J. Gênese e micromorfologia de solos sob vegetação xeromórfica (caatinga) na Região dos Lagos (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.695-712, 2004.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis: advance Course**. 29. ed. Madison, 1975. 895 p.

JACOMINE, P. K. T. Caracterização do estágio atual dos solos sob Caatinga. In: ARAUJO, Q.R. de (org). **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 365-397.

JACOMINE, P.T.K. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 96-111.

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; BURGOS, N.; PESSOA, S.C.P.J.; SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do estado de Pernambuco**. Brasil. DNPEA. Divisão de Pesquisas Pedológicas. Boletim técnico, 26; Brasil. 1973. SUDENE-DRN. Divisão de Agrologia. Pedologia, 359 págs.

JENNY, H. **Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology**. New York 1941.281p.

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. The 5 M-NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. **Clays and Clay Minerals**, Virgínia, v. 30, p. 401-408, 1982.

KOVDA, I.; MERMUT, A.R. Vertic Features. In.: STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. Livro. Elsevier Science. 752p. 2010.

KILL, L. H. P. **Árvore do Conhecimento Bioma Caatinga**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000glz1ehqv02wx5ok0f7mv200nvg0xn.html>. Acesso em: 24 de agosto de 2018.

LEINZ, V.; CAMPOS, J.E.S. **Guia para determinação de minerais**. 8. ed. São Paulo, Nacional. 1979. 149p.

LEPSCH, I.F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, p. 331-332, 2011.

LIM, C.H.; JACKSON, M.L. Expandable phyllosilicate reactions with lithium on heating. **Clays and Clay Minerals**, Virgínia, v. 34 (3), p. 346-352, 1986.

LUZ, L.R.Q.P.; SANTOS, M.C.D.; MERMUT, A.R. Pedogênese em uma topossequência do semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 16, p. 95-102, 1992.

MARENGO, J.A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. il. (Biodiversidade, 26).

MARENGO, J.A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. Parcerias Estratégicas, Brasília, DF, n. 27, 2008**. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/329/323>. Acesso em 20 de agosto de 2018.

MARSHAL, C.E.; HASEMAN, J.F. The quantitative evaluation of soil formation and development by heavy mineral studies: A Grundy silt loam profile. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.7, p. 448-453, 1942.

MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2012, p. 113-140.

McKEAGUE, J.A.; BRYDON, J.E.; MILES, N.M. Differentiation of Forms of extractable Iron and Aluminum in Soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 35, p. 33-38, 1971.

McKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 46, p.13-21, 1966.

- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clay and Clay Minerals**, Virgínia, v.7, 317-327, 1960.
- MELO, V.F.; WYPYCH, F. Caulinita e Haloisita. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo parte I - conceitos básicos**. Minas Gerais: SBCS, 2009. p. 428-497.
- MIRABELLA, A.; EGLI, M.; RAIMONDI, S.; GIACCAI, D. Origin of clay minerals in soils on pyroclastic deposits in the island of Lipari (Italy). **Clays and Clay Minerals**, Virgínia, v. 53, p. 409–421, 2005.
- MOURA, M.S.B.; GALVINCIO, J.D.; BRITO, L.T.L.; SOUZA, L.S.B.; SÁ, I.I.S.; SILVA, T.G.F. Clima e Água de chuva no semiárido. In: BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. **Potencialidades da Água de Chuva no Semiárido brasileiro**. Petrolina. 2007. Embrapa semiárido. 180 p.
- MOORE, D.M.; REYNOLDS, R.C. X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals. Oxford: **Oxford University Press**, 1989. 332 p.
- MURALI, V.; MURTHY, G.S.R.K.; SARMA, V.A.K. Clay mineral distribution in two toposequences of tropical soils of India; **Geoderma**, Amsterdam, v.20, p. 257–269, 1978.
- NORDESTE sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 35 p.60-68, Mai/Ago. 1999. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141999000200003>>. Acesso em 08 de Julho de 2018.
- OLIVEIRA, L.B. **Mineralogia, micromorfologia, gênese e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do Nordeste brasileiro**. (Tese/ Doutorado) - Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, 2007. 169p.
- OLIVEIRA, L.B.; FONTES, M.P.F.; RIBEIRO, M.R.; KER, J.C. Micromorfologia e gênese de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, 2407-2423, 2008.
- OLIVEIRA, L.B.; FONTES, M.P.F.; RIBEIRO, M.R.; KER, J.C. Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, Viçosa, v. 33, p. 1333-1345, 2009.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para o seu reconhecimento**. Jaboticabal, Funep, 1992. 201p.
- PAL, D.K.; DESHPANDE, S.B.; VENUGOPAL, K.R.; ALBANDE, A.R. Formation of di- and trioctahedral smectite as evidence for paleoclimatic changes in southern and central peninsular India; **Geoderma**, Amsterdam, v. 45, p. 175–184, 1989
- PHILLIPS, J.D. Geogenesis, pedogenesis, and multiple causality in the formation of texture-contrast soils. **Catena**, Amsterdam, v.58, p. 275–295, 2004.

RASMUSSEN C.; DAHLGREN, R.A.; SOUTHARD, R. J. Basalt weathering and pedogenesis across an environmental gradient in the southern Cascade Range, California, USA. **Geoderma**, Amsterdam, v. 154, p. 473–485, 2010.

RICE, T.J.; BUOL, S.W.; WEED, S.B. Soil-Saprolite Profiles Derived from Mafic Rocks in the North Carolina Piedmont: I. Chemical, Morphological, and Mineralogical Characteristics and Transformations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, p. 171-178, 1985.

RIGHI, D.; TERRIBILE, F.; PETIT, S. Pedogenic formation of kaolinite–smectite mixed layers in a soil toposequence developed from basaltic parent material in Sardinia (Italy). **Clays and Clay Minerals**, Virgínia, v. 47, p. 505–514. 1999.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954. 160 p. (USDA. Agriculture handbook, 60).

ROBERT, M. The experimental transformation of mica toward smectite: Relative importance of total charge and tetrahedral substitution. **Clays and Clay Minerals**, Virgínia, v. 21, p.167–174, 1973.

SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Matéria Orgânica do Solo no Bioma Caatinga. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 419- 441.

SANTOS, J.C.B.; LE PERA. E.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; CORRÊA, M.M.; AZEVEDO, A. C. Gneiss saprolite weathering and soil genesis along an east-west regolith sequence (NE Brazil). **Catena**, Amsterdam, v.150, p. 279–290, 2007.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 6. ed. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2015. 100p.

SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. **Soils: Genesis and Geomorphology**. United States of America: Cambridge University Press, 2005, p. 170-191.

SILVA, C.C.S. **Análise de complexidade da precipitação mensal no estado de pernambuco utilizando o sample entropy**. Recife, PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. 77p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, J.R.C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS, JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E; SILVA, J. R. C. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000. p. 168-213.

SILVA, P.C.G.; MOURA, M.S.B.; KIILL, L.H.P.; BRITO, L.T.; PEREIRA, L.A.; SÁ, I.B.; CORREIA, R.C.; TEIXEIRA, A.H.C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. 2010. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 1, p. 18-48, 2010.

SINGH, B; GILKES, R. J. Concentration of iron oxides from clays by 5 M NaOH: the complete removal of sodalite and kaolin. **Clays Minerals**, Amsterdam, v. 26, p. 463-472, 1991.

SINGER, A. Mineralogy of clay fraction from basaltic soils in Galilee Israel. **Journal of Soil Science**, British Society of Soil Science: Bedfordshire, v. 17, p. 136-147. 1966

SINGER, A. The paleoclimatic interpretation of clay minerals in soils and weathering profiles. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v.15, p. 303-326.1980.

SINGER, A., ZAREI, M., LANGE, F.M., STAHR, K. Halloysite characteristics and formation in the northern Golan Heights. **Geoderma**, Amsterdam, v.123, p. 279-295, 2004.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. Soil survey manual. Washington, Soil Conservation Service, U.S., Department of Agriculture, 1993. 325p. (Handbook, 180).

Soil Survey Staff, 2010. **Keys to Soil Taxonomy**, USDA, National Resources Conservation Service 11th ed. National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Pernambuco**. Recife, 1990. (Série Pluviométrica, 6)

St. ARNAUD, R.J.; WHITESIDE, E.P. Physical breakdown in relation to soil development. **Journal Soil Science**, Bedfordshire, v. 14, p.267-281, 1963

VAN BREEMEN, N.; BUURMAN, P. **Soil Formation**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 404.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2000.

TEIXEIRA, P. C.; CAMPOS, D. V. B.; SALDANHA, M. F.C. pH do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 199-202.

TEIXEIRA, P. C.; CAMPOS, D. V. B.; SALDANHA, M. F.C. Fósforo disponível. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 203-208.

TEIXEIRA, P. C.; CAMPOS, D. V. B.; BIANCHI, S. R.; PÉREZ, D. V.; SALDANHA, M. F. C. Cátions Trocáveis. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 209-232.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.C. Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and water balance. Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology, v.10, p.3. **Certertan**, 1957.

TRIPLER, C.E.; KAUSHAL, S.S.; LIKENS, G.E.; WALTER, M.T. Patterns in potassium dynamics in forest ecosystems. **Ecology Letters**, Nova Jersey, v. 9, p. 451-466, 2006.

VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. **Densidade de Partículas**. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: 2017, p. 77-81.

APÊNDICE

DADOS MORFOLÓGICOS E ANALÍTICOS DOS PERFIS

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 1

DATA – 31.08.2017

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico salino vertissólico solódico, textura média-argilosa/argilosa, mineralogia esmectítica, pouco cascalhenta, A moderado, fase pedregosa, mineralogia feldspática, atividade muito alta (Tma), fase caatinga hiperxerófila e relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – seguindo pela BR-316 sentido Floresta-Belém do São Francisco, 8,6 Km após a entrada para o centro de Itacuruba (PE) virar à esquerda. Segue por mais 11,7 Km por estrada de chão até o perfil que fica do lado direito após subir um barranco à beira da estrada. Itacuruba (PE), 08° 44' 48,6" S e 38°46' 27,0" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em trincheira num terreno com declividade aproximadamente de 3,0% sob vegetação nativa.

ELEVAÇÃO – 328 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLOGIA- Complexo Belém do São Francisco: Leuco-ortogneisse tonalítico, de constituição tonalítica a granudiorítica, migmatizado

CRONOLOGIA – Mesoproterozóico.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração das rochas supracitadas.

PEDREGOSIDADE – Muito pedregosa (na superfície do solo).

ROCHOSIDADE - Ausente.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL - Plano a Suave ondulado

EROSÃO – Laminar, ligeira a moderada .

DRENAGEM - Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila com presença de caatingueira, faveleira, pereiro, xique-xique, quipá e coroa-de-frade

USO ATUAL – Caatinga nativa e Pecuária Extensiva.

CLIMA – BSh da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – José Coelho de Araújo Filho, Valdomiro Severino Sousa-Junior, Jean Cheyson Barros dos Santos, Vitória Regina Faustino da Silva.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0-9 cm, Bruno-avermelhado-escuro(2,5YR 3/4, úmida) e Vermelho (2,5 YR 5/6, seca); franco-argiloarenosa; fraca a moderada, pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

Btvz – 9-40 cm, Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmida e seca); argila; moderada pequena e média prismática composta por média e grande blocos angulares e subangulares; slickenside abundante e moderado a forte; extremamente dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição clara e plana.

Cnvz – 40-53 cm, Bruno-avermelhado (2,5YR 4/4, úmida e seca); mosqueado comum pequeno e distinto, rosado (7,5YR 7/3, úmido); argila; fraca a moderada pequena e média prismática composta por médio e grande blocos angulares e subangulares; slickenside pouco e fraco; extremamente dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

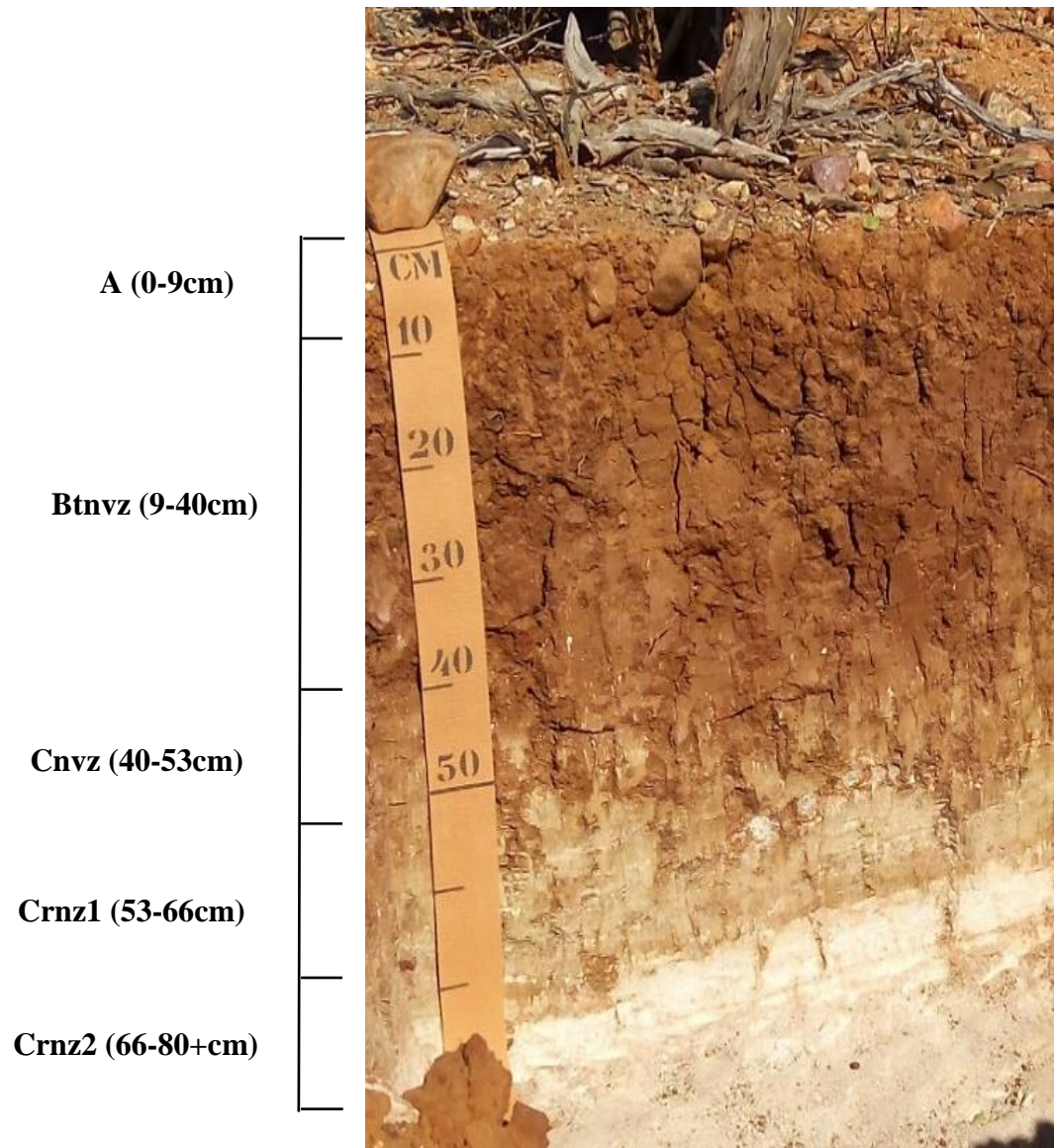
Crnz1 – 53-66 cm, material com xistosidade de fraca a moderada, com uma inclinação de cerca de 40°; com predomínio de minerais escuros e com pequena quantidade de solo; transição plana e abrupta.

Crnz2 – 66-80+ cm, material com xistosidade de fraca a moderada, com predomínio de cores claras no material em alteração. Entre as lâminas minerais escuros e cores alaranjadas ferruginosas.

RAÍZES: comuns finas e muito fias nos horizontes A e Bt; raras e finas nos horizontes C e Cr1; não foi descrito em Cr2.

OBSERVAÇÕES:

- **Estrutura:** Predomínio de blocos subangulares em Bt.
- **Porosidade:** Muitos (muito pequenos) nos horizontes A e Bt
- Horizonte A pouco cascalhento.



Perfil 01 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico salino vertissólico solódico.

C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

P1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico salino vertissólico solódico

		Análises Físicas																
		Granulometria					Fracionamento da areia						Ds	Dp	Pt	A.D.A	GF	Relação
Horiz./ Profundidade		Cascalhos (g.kg ⁻¹)	Calhaus (g.kg ⁻¹)	Argila (g. kg ⁻¹)	Areia (g. kg ⁻¹)	Silte (g. kg ⁻¹)	Areia					kg.dm ⁻³	kg.dm ⁻³	(%)	g.kg ⁻¹	(%)	S/A	
							grossa g/kg	média g/kg	fina g/kg	muito fina g/kg	grossa g/kg							média g/kg
A	0 - 9 cm	83	153	313	529	159	35	311	0	80	96	1,32	2,61	49	242	22	0,51	
Bt	9 - 40 cm	12	1	534	337	129	21	207	0	51	55	1,88	2,62	28	425	20	0,24	
C	40 - 53 cm	28	0	443	425	132	31	271	0	54	65	1,89	2,76	32	336	24	0,30	
Cr ₁	53 - 66 cm	150	30	254	613	133	49	427	0	68	75	1,87	2,73	32	218	14	0,52	
Cr ₂	66 - 80+cm	92	5	166	756	78	73	541	0	66	75	2,23	2,87	22	153	8	0,47	

		Análises Químicas																			
Horiz./ Profundidade		pH (1:2,5)		ΔpH	CE dS/m	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	SB cmol _c .kg ⁻¹	H+Al	CTC - Efetiva	CTC - Potencial	At. Argila	V	m	PST	P mg kg ⁻¹	CO g kg ⁻¹	Est. CO Mg.ha ⁻¹
		Água	KCl																		
A	0-9cm	6,9	5,2	-1,8	1,91	9,10	5,04	0,11	0,52	0,06	14,77	1,73	14,83	16,50	56	90	0,42	0,67	18,60	15,48	18,39
Btvz	9-40cm	7,2	5,7	-1,5	4,50	10,07	13,64	1,34	0,08	0,09	25,13	1,49	25,22	26,62	56	94	0,37	5,03	0,53	5,46	31,81
Cnvz	40-53cm	7,2	5,9	-1,3	5,04	10,59	19,27	2,31	0,09	0,06	32,26	0,91	32,32	33,17	82	97	0,19	6,96	2,33	3,48	8,55
Crnz1	53-66cm	7,5	6,0	-1,5	4,93	8,29	11,71	2,89	0,07	0,00	22,96	0,83	22,96	23,79	102	97	0,00	12,15	41,50	1,81	4,41
Crnz2	66-80+cm	7,5	6,2	-1,3	4,33	2,59	6,19	0,90	0,05	0,00	9,73	0,91	9,73	10,64	66	91	0,00	8,46	2,85	0,12	0,37

At. Argila – Atividade da Argila

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 2

DATA – 19.10.2017

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico, textura argilosa/muito argilosa, mineralogia esmectítica-ilítica, pouco cascalhenta, A moderado, fase epipedregosa, mineralogia feldspática, argila de atividade alta (Tma), fase caatinga hiperxerófila e relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Após 9,0 km do centro de Serra Talhada pela Rodovia PE-365, virar à esquerda e seguir por mais 1,3 km por estrada de chão até o perfil que fica dentro de uma vila. Aa\Serra Talhada (PE), 07° 54' 56,7"S e 38° 14' 10,5"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em barranco sob vegetação nativa.

ELEVAÇÃO – 485 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLOGIA- Suíte shoshonítica ultrapotássica Triunfo (sk): biotita, hornblenda, piroxênio, álcalifeldspato granito/sienito

CRONOLOGIA – Neoproterozóico

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração das rochas supracitadas.

PEDREGOSIDADE – Muito pedregosa na superfície.

ROCHOSIDADE - Ausente.

RELEVO LOCAL – Suave Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave Ondulado.

EROSÃO – ligeira e laminar

DRENAGEM -Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Caatingueira, pereiro, jurema, cactáceas (xique-xique, coroa-de-frade e mandacuru) e marmeleiro.

USO ATUAL – Vegetação secundária em recuperação e Pecuária Extensiva.

CLIMA – BSh, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – José Coelho de Araújo Filho, Valdomiro Severino Sousa-Junior, Jean Cheyson Barros dos Santos, Vitória Regina Faustino da Silva.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A– 0-12 cm, Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmida) e Bruno-avermelhado (5YR 4/4, seca); franco-argiloarenosa; fraca a moderada pequena a média blocos subangulares composta por fraca a moderada pequena a média granular; ligeiramente dura a dura, muito friável a friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

BA – 12-25 cm, Bruno-avermelhado (2,5 YR 4/4, úmida) e Vermelho (2,5YR 4/6, seca); argila; moderada média a grande prismática composta por média a grande blocos subangulares e angulares; dura a muito dura; friável a firme, muito plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Btv – 25-48 cm, Vermelho (2,5 YR 4/6, úmida e seca); muito argilosa; moderada média e grande prismática composta por média e grande blocos subangulares e angulares; slickensides comuns e moderado; muito dura a extremamente dura, friável a firme, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

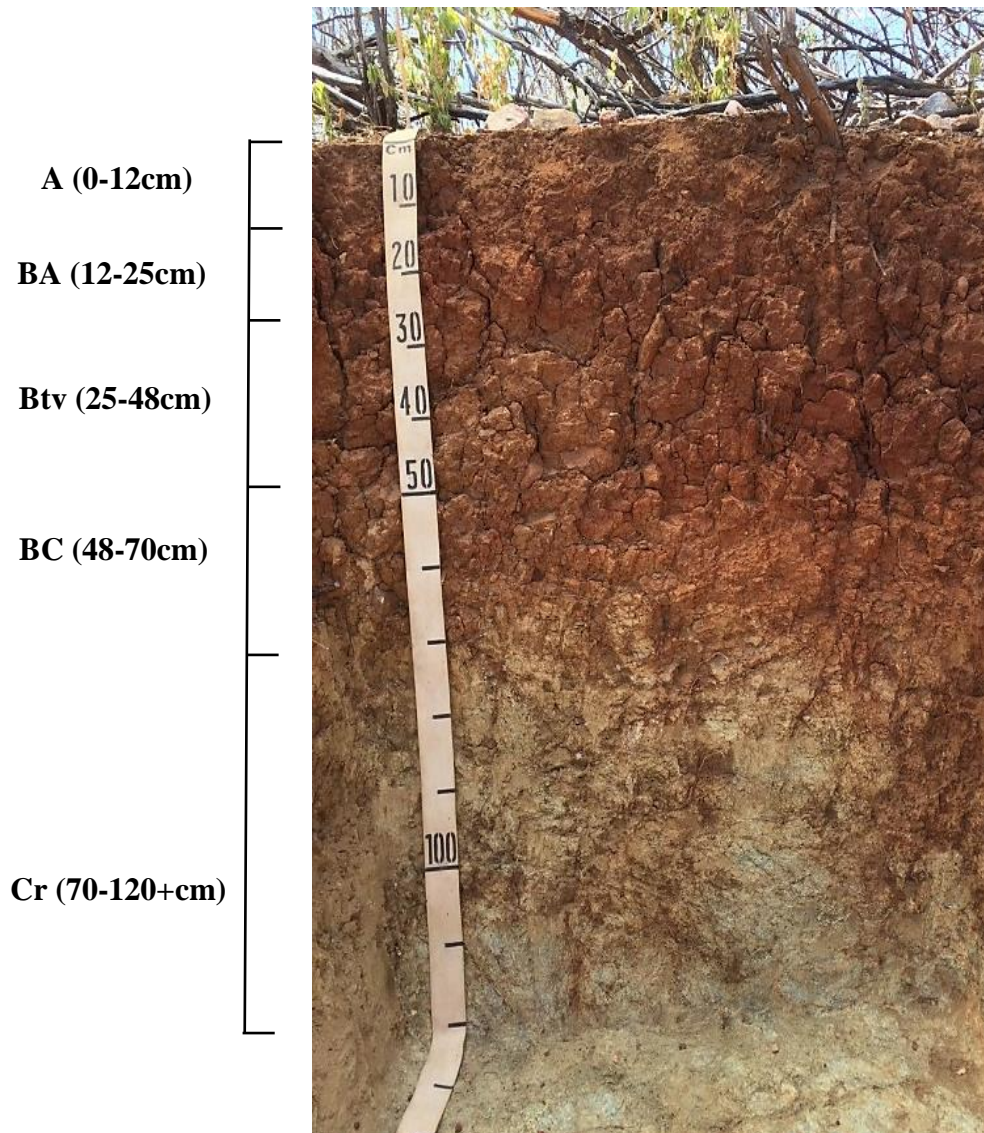
BC – 48-70 cm, Vermelho (2,5 YR 5/6, úmida e seca); mosqueado comum pequeno e distinto Preto (5YR 2,5/1,0); francoargilosa; moderada média a grande prismática composta por média a grande blocos subangulares e angulares; dura, friável, plástica pegajosa; transição plana e clara.

Cr – 70-120+ cm, Oliva (5Y 5/3, úmida) e Cinzento-claro (2,5Y 7/3, seco); Mosqueado abundante médio a grande proeminente Preto (5YR 2,5/1,0, úmida); estrutura maciça com tendência a formar estruturas laminares; consistência ligeiramente dura a dura e friável.

RAÍZES: Comuns (finas e muitos finas) e raras (grossa) nos horizontes A e BA; comuns (finas) e raras (média) nos horizontes Bt e BC; poucas e finas no Cr.

OBSERVAÇÕES:

- **Porosidade:** muitos (muito pequenos) e comuns (pequenos) no horizonte A; muitos (muito pequenos) e poucos (médios) no horizonte BA; muitos (muito pequenos) nos horizontes Bt e BC.
- Predominância de blocos angulares (Bt).
-
- Saprólito com xistosidade de fraca a moderada e orientação na vertical, presença marcante de óxidos de manganês com evidências de oxidação nos arredores do mesmo; em algumas áreas presença de óxidos em consórcio com as raízes; presença de poucos feldspatos caulinizados; ausência de veios leucocráticos.
- Atividade biológica elevada em profundidade pela presença de aracnídeos, principalmente no horizonte Bt.



Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico.

C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

P2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico

		Análises Físicas															
		Granulometria					Fracionamento da areia										
Horiz/ Profundidade		Casalhos (g.kg ⁻¹)	Calhaus (g.kg ⁻¹)	Argila (g. kg ⁻¹)	Areia (g. kg ⁻¹)	Silte (g. kg ⁻¹)	Areia muito grossa g/kg	Areia grossa g/kg	Areia média g/kg	Areia fina g/kg	Areia muito fina g/kg	Ds kg.dm ⁻³	Dp kg.dm ⁻³	Pt (%)	A.D.A g.kg ⁻¹	GF (%)	Relação S/A
BA	12 - 25cm	37	22	518	415	68	19	263	0	58	72	1,50	2,79	46	420	19	0,13
Bt	25 - 48 cm	18	2	601	226	174	9	105	0	41	70	1,56	2,92	47	426	29	0,29
BC	48 - 70 cm	18	-	339	319	342	16	131	0	60	113	1,37	2,89	53	285	16	1,01
Cr	70 - 120+cm	31	-	273	374	353	37	164	0	58	110	1,57	2,93	46	227	17	1,29

		Análises Químicas																			
Horiz/ Profundidade		pH		ΔpH	CE dS/m	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	SB	H+Al	CTC - Efetiva	CTC - Potencial	At. Argila	V	m %	PST	P mg.kg ⁻¹	CO g.kg ⁻¹	Est. CO Mg.ha ¹
		Água	KCl																		
A	0-12cm	6,2	5,7	-0,5	0,37	8,99	3,67	0,02	0,50	0,06	13,18	5,78	13,24	18,96	71	70	0,48	0,11	10,77	12,01	18,88
BA	12-25cm	6,3	4,3	-2,0	0,79	10,06	8,99	0,19	0,13	0,13	19,37	4,54	19,50	23,91	50	81	0,64	0,79	1,19	5,10	9,94
Btv	25-48cm	6,5	4,2	-2,3	1,34	15,33	19,39	0,42	0,11	0,19	35,25	4,62	35,44	39,87	77	88	0,53	1,05	0,10	5,28	18,93
BC	48-70cm	6,9	4,3	-2,6	2,40	18,23	21,13	0,73	0,08	0,06	40,17	2,97	40,23	43,14	146	93	0,16	1,69	47,90	2,02	6,09
Cr	70-120+cm	7,1	5,0	-2,1	2,05	19,01	23,22	0,89	0,11	0,13	43,23	0,91	43,36	44,14	184	98	0,29	2,02	198,86	1,67	13,09

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 3

DATA – 18.10.2017

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, textura média-argilosa/argilosa, mineralogia esmectítica-caulinítica, cascalhenta, A moderado, fase epipedregosa, mineralogia feldspática e anfibolítica, atividade muito alta (Tma), fase caatinga hiperxerófila e relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Estrada Afogados da Ingazeira -Tabira (PE-320) distando 1,8 km da ponte da PE-292 sobre o Rio Pajeú, lado direito da estrada. Afogados da Ingazeira (PE), 07° 44' 01,1''S e 37° 38' 12,9'' W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em barranco sob vegetação nativa

ELEVAÇÃO – 556 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLOGIA – Suíte granítica-migmatítica peraluminosa Recanto/ Riacho do Forno: Ortognaisse e migmatito granodiorítico.

CRONOLOGIA – Mesoproterozóico

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração das rochas supracitadas

PEDREGOSIDADE – Muito pedregosa na superfície.

ROCHOSIDADE – Ligeiramente rochosa.

RELEVO LOCAL – Suave ondulado

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado à ondulado.

EROSÃO – Ligeira a moderada laminar.

DRENAGEM – Bem drenado a moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – A vegetação primária não se encontra mais presente, como: catingueira, marmeleiro, umbuzeiro e cactáceas.

USO ATUAL –vegetação secundária em recuperação.

CLIMA – BSh, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: José Coelho de Araújo Filho, Valdomiro Severino Sousa Junior, Jean Cheyson Barros dos Santos, Vitória Regina Faustino da Silva.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0-10 cm, Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3, úmida) e Bruno-avermelhado (2,5YR 4/4, seca); franco-argiloarenosa; moderada a forte pequena e média, blocos subangulares composta por moderada a forte pequena e média granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

BA – 10-23 cm, Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmida) e Bruno-avermelhado (2,5YR 4/4, seca); argila; moderada a forte pequena e média prismática composta por moderada a forte pequena e média blocos subangulares; dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

Bt – 23-47 cm, Vermelho (2,5YR 4/6, úmida e seca); argila; moderada pequena e média prismática composta por moderada pequena e média blocos angulares e subangulares; cerosidade comum e fraca; dura a muito dura, friável, muito plástica e pegajosa; transição clara e plana.

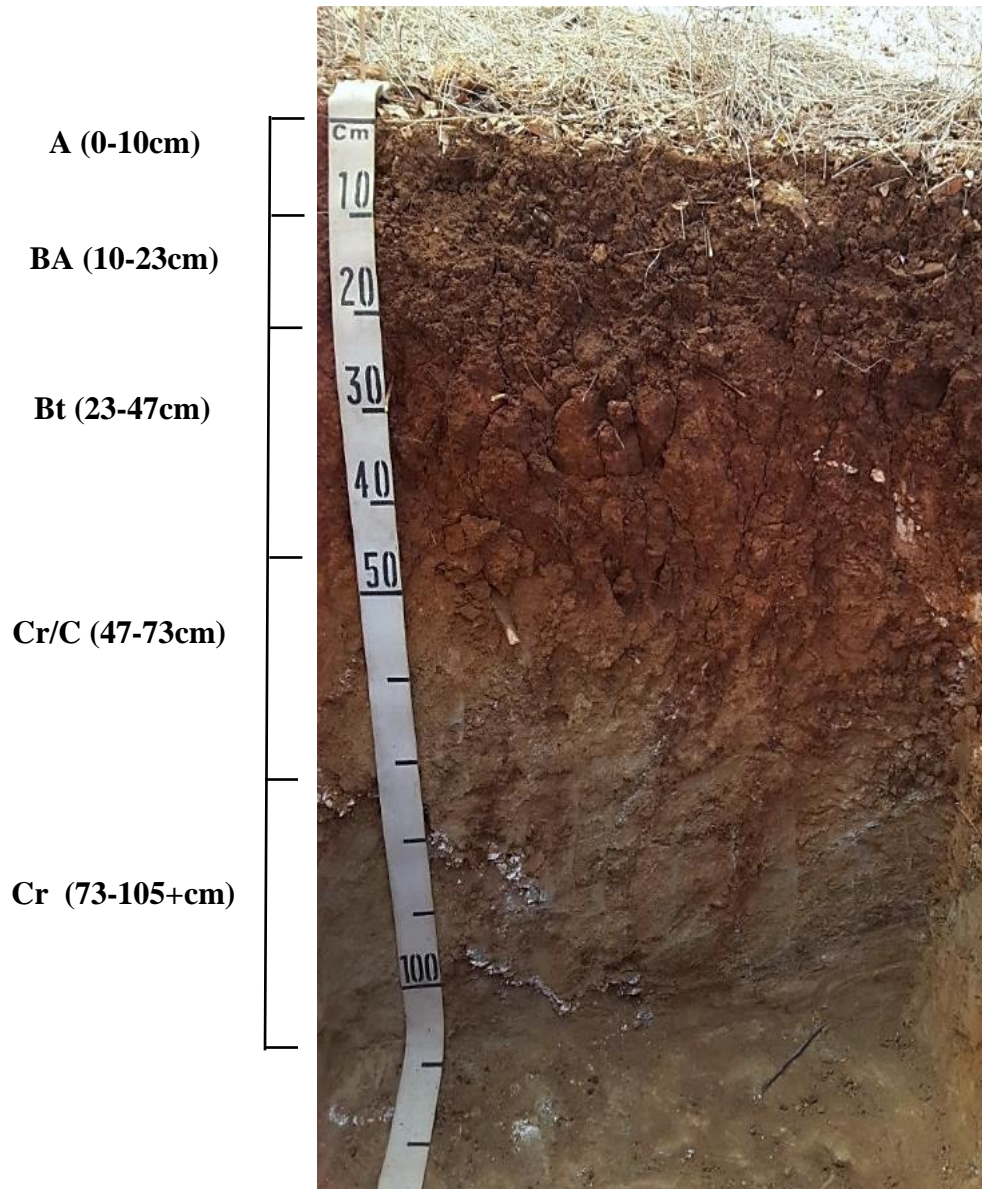
Cr/C – 47-73 cm, Bruno-forte (7,5YR 4/6, úmida) e mosqueado abundante pequeno e distinto Preto (5YR, 2,5/1); francoargilosa; maciça e moderada pequena e média prismática composta por moderada pequena e média blocos angulares; dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

Cr – 73-105+cm, Saprolito de biotita-xisto com xistosidade fraca, presença de veios (bandamento leucocrático na diagonal e vertical com espessuras de 1 à 3cm distribuídos principalmente no lado esquerdo do perfil). Presença de oxidação de minerais máficos no primeiro estágio de oxidação, assim como caulinição de feldspato (feldspato caulinizado). Reação ao teste de manganês, inclusive nos veios leucocráticos. A cor é parecida com a do Cr/C, verificando uma coloração bruno-forte contornando os veios leucocráticos, provavelmente devido a atividade biológica evidenciada pela presença de raízes

RAÍZES: muitas (finas e média) no horizonte A; poucas (médias) no horizonte BA; poucas a raras (finas e médias) no horizonte Bt; raras (finas, médias e grossas) no Cr/C; e raras (finas) no Cr.

OBSERVAÇÕES:

- Porosidade: muitos (muitos pequenos) em A; muitos (pequenos) e comuns (médios) no horizonte BA; muitos (muitos pequenos) e comuns (pequenos) no Bt; muitos (muitos pequenos) e poucos (pequenos) no Cr/C.
- O horizonte Cr/C está mais preservado (xistosidade mais evidente e menor agregação) no lado direito do perfil coincidindo com a região de maior presença dos veios leucocráticos;
- Os veios leucocráticos estão extremamente fragmentados diante da provável alteração de feldspato;
- Também observasse no Cr uma coloração esverdeada, provável alteração de micas (biotita), formando minerais secundários 2:1



Perfil 03 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico.

C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico.

		Análises Físicas																
		Granulometria					Fracionamento da areia						Ds	Dp	Pt	A.D.A	GF	Relação
Horiz./	Profundidade	Cascalhos	Calhaus	Argila	Areia	Silte	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Ds	Dp	Pt	A.D.A	GF	Relação	
		(g.kg ⁻¹)	(g.kg ⁻¹)	(g.kg ⁻¹)	(g.kg ⁻¹)	(g.kg ⁻¹)	grossa	grossa	média	fina	muito	kg.dm ⁻³	kg.dm ⁻³	(%)	g.kg ⁻¹	(%)	S/A	
							g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	fina							
							g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg							
A	0 - 10 cm	183	103	326	479	195	51	250	0	76	102	1,49	2,66	44	241	5	0,60	
BA	10 - 23 cm	54	36	479	362	159	24	184	0	63	91	1,24	2,73	55	399	3	0,33	
Bt	23 - 47 cm	9	1	557	208	234	8	96	0	38	67	1,27	2,84	55	420	5	0,42	
Cr/C	47 - 73 cm	7	9	339	371	290	8	184	0	68	110	1,33	3,14	58	283	3	0,86	
Cr	73- 105+cm	41	10	163	528	309	22	276	0	85	142	1,37	2,86	52	158	1	1,90	

		Análises Químicas																			
Horiz./	Profundidade	pH			CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	SB	H+Al	CTC -	CTC -	At.	V	m	PST	P	CO	Est.
		Água	KCl	ΔpH	dS/m							Efetiva	Potencial	Argila				mg.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	Mg.ha ⁻¹	
A	0-10cm	6,9	5,5	-1,4	0,37	11,49	3,49	0,04	0,84	0,06	15,86	3,30	15,92	19,16	59	83	0,40	0,21	29,47	27,50	40,98
BA	10-23cm	7,4	5,4	-2,0	0,19	12,36	4,37	0,05	0,21	0,06	16,99	3,71	17,05	20,70	43	82	0,37	0,24	8,74	10,50	16,93
Bt	23-47cm	7,6	5,1	-2,6	0,14	16,06	3,20	0,09	0,10	0,06	19,45	3,22	19,51	22,67	41	86	0,32	0,40	1,15	5,56	16,94
Cr/C	47-73cm	7,9	4,4	-3,5	0,23	19,44	11,44	0,13	0,09	0,13	31,10	2,64	31,23	33,74	100	92	0,40	0,39	0,58	2,21	7,63
Cr	73-105+cm	8,1	4,5	-3,6	0,18	13,82	10,21	0,10	0,08	0,13	24,21	1,73	24,34	25,94	159	93	0,51	0,39	61,86	0,55	2,43

