

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

AGOSTINHO CARDOSO HLAVANGUANE

**INTEMPERISMO DE ANORTOSITOS E FORMAÇÃO DE SOLOS NA REGIÃO
SEMIÁRIDA, NORDESTE DO BRASIL**

**Recife
2017**

Agostinho Cardoso Hlavanguane
Engenheiro Agrícola

Intemperismo de anortositos e formação de solos na região semiárida, Nordeste do Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Ciências do Solo

Orientador: Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior

Coorientador: Dr. José Coelho de Araújo Filho

**Recife
2017**

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
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

H677i Hlavanguane, Agostinho Cardoso
Intemperismo de anortositos e formação de solos na região semiárida, nordeste do Brasil / Agostinho Cardoso Hlavanguane. – 2017.
84 f. : il.

Orientador: Valdomiro Severino de Souza Júnior.
Coorientadores: José Coelho de Araújo Filho, Jean Cheyson Barros dos Santos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências e apêndice(s).

1. Anortositos 2. Intemperismo 3. Semiárido 4. Plagioclásios
5. Cambissolos I. Souza Júnior, Valdomiro Severino de, orient.
II. Araújo Filho, José Coelho de, coorient. III. Santos, Jean Cheyson Barros dos, coorient. IV. Título

CDD 631.4

AGOSTINHO CARDOSO HLAVANGUANE

Intemperismo de anortositos e formação de solos na região semiárida, Nordeste do Brasil

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Ciências do Solo.

Aprovada em 10 de Março de 2017.

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

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcello Metri Corrêa
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UAG

Dr Jean Cheyson Barros dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco / PNP/PPGCS/UFRPE

Aos meus pais, Cardoso Almeida Hlavanguane e Percina Jorge Tembe,

Pelo amor e tudo que fizeram e fazem,

Para que eu voasse

Até a este além.

À minha esposa, Quinácia Ornila,

Pelo amor e aconchegante leito

Da vida que sempre ofereceu

Aos meus filhos

A energia motora de tudo.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a DEUS, que desde que estou em terra, me ampara, apoia e protege. Obrigado Senhor por tudo.

Aos meus pais, que com tanto amor, sacrifício, determinação e esperança sempre me apoiaram e tanto passaram para que eu voasse a este além.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, o Programa de Pós-graduação em Ciência de Solo, pela oportunidade concedida de cursar mestrado num programa prestigiado.

Ao Instituto Superior Politécnico de Gaza pela bolsa de estudos concedida, através do Projeto NICHE-Netherlands Initiative for Capacity Development in Higher Education.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Jr., primeiro pela confiança, aceitação para orientar um estudante do além fronteiras, inserção no ambiente acadêmico, estruturação do saber estar e fazer as coisas num tempo bastante curto que é o mestrado, por incutir e lapidar cada vez mais meu espírito de pesquisador em Ciências do Solo.

Ao meu coorientador, o Prof. José Coelho de Araújo Filho, primeiro pelo apoio na concepção da base da pesquisa, identificação, coleta, descrição de campo e redação. Pela disponibilidade para solucionar questões técnicas sobre a pesquisa.

Ao coorientador Dr Jean C. B. Santos, pelo apoio na coleta das Kubienas, descrição de campo com enfoque para os saprolitos e na concepção textual da presente dissertação.

Ao José Fernando Wanderley Fernandes Lima (Zeca), pelo apoio e contribuição em toda cadeia inicial do trabalho (sondagem do local, seleção de perfis, coleta, armazenamento de amostras) que determinou sobre maneira o sucesso deste trabalho execução dos trabalhos.

A Dra Jane Kelly Araújo, pelo apoio na concepção do projeto da presente dissertação e análises laboratoriais.

Ao Artur e Marília pelo apoio na coleta e nas análises laboratoriais e toda uma grande cooperação científica.

À minha esposa Quinácia Ornila Mário Macuácuá, pelo amor, força, confiança e dedicação a família desde sempre e a coragem de ter a razão da sua vida na diáspora. Aos meus filhos, pelo amor, confiança e esperança e alegria.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, especialmente a Valdomiro, Marques, Brivaldo, Caroline Biondi, Emídio e Coelho pelos ensinamentos.

A Dra Elaine Almeida, pelo seu apoio académico, disponibilidade e amizade.

A Aglair, Rennan, Stephany, Laércio, Elis, Uchoa, Darlene pelo apoio e disponibilidade.

Aos funcionários Maria do Socorro de Santana e Josué Camilo de Melo (Paz a Sua Alma), pelos serviços prestados e apoio na minha inserção no programa.

Aos colegas: Vanessa, Jéssica, Camila que para além da vida académica (troca e recomendação de material didático), puderam dar apoio social. Vos agradeço bastante pelos grupos de estudo; Pablo, Juscélia, Mayame, Augusto, Jefrejan, Hernan, Abrão, Albedson, Juliet, Leandro, Rita e Wildson.

Ao elenco de Gênese e Mineralogia.

A todos que não estão aqui mencionados, e nem por isso deixam de ser tão importantes.

Intemperismo de anortositos e formação de solos na região semiárida, Nordeste do Brasil.

RESUMO

Anortositos são rochas plutônicas distribuídas por todos continentes, constituídas por plagioclásios cálcicos e vários minerais acessórios, de bastante e comprovada importância geológica para mineração, ocupando áreas extensas de complexos geológicos sobre os quais ocorrem também atividades agrárias, em diversos climas. Vários estudos foram e são realizados para o entendimento geológico, petrológico, petrográfico, geoquímico, da alteração mineral para entendimento de processos hidrotermal e ou crustal e de eventos planetários de anortositos lunares, são muito escassos estudos sobre intemperismo de anortositos para o entendimento da pedogênese, atributos físicos, químicos, morfológicos, mineralógicos e micromorfológicos dos solos. Para providenciar informações sobre a intemperismo e pedogênese em climas semiáridos, foi realizado o presente estudo, na região semiárida do Nordeste do Brasil, no Complexo Metanortosito Passira, no qual foram abertos dois perfis de solo sobre anortositos. Os solos foram analisados física, morfológica, química, mineralógica e micromorfológicamente. Os resultados mostram que em ambiente semiárido os solos desenvolvidos *in situ* sobre anortositos do tipo andesina/labrodorita tem intemperismo pouco evoluído, dando origem à Cambissolos, cuja assembleia mineralógica da fração areia e silte é dominada de plagioclásio, os quais formam argila essencialmente constituída por caulinita (melhor condição de drenagem interna) e argilas constituídas por esmectitas e caulinita (drenagem interna mais impedida). Apresentam baixa CTC, tendência de acumulação de sódio em subsuperfície, saturação por bases alta dominada por cálcio com forte desbalanço em relação ao potássio e magnésio.

Palavras-chaves: Anortositos. Intemperismo. Semiárido. Plagioclásios. Cambissolos.

Weathering of anorthosites and soil formation in the semi-arid region, Northeastern Brazil

ABSTRACT

Anorthosites are plutonic rocks distributed throughout all continents, consisting of calcium plagioclase and accessory minerals, of great and proven geological importance for mining, occupying extensive areas of geological complexes on which also agrarian activities occur in diverse climates. Several studies have been and are carried out to understand geological, petrological, petrographic, geochemical, mineral alterations for the understanding of hydrothermal and or crustal processes and for the understanding of planetary events of lunar anorthosites. There are very few studies on anorthosite weathering to understanding pedogenesis, physical, chemical, morphological, mineralogical and micromorphological properties of soils. In order to provide information on weathering and pedogenesis in semiarid climates, the present study was carried out in the semi-arid region of the Northeast of Brazil, in the Passira Metanorthositic Complex, in which two soil profiles were opened on anorthosites. Soils were analyzed physically, morphologically, chemically, mineralogically and micromorphologically. The results showed that in semi-arid environment the soils developed *in situ* on anorthosites, labrodorite/andesin type are poorly developed (Cambisol), whose mineralogical assembly in sand and silt fractions is dominated by plagioclase that origin clays formed by kaolinite in well drained environment and smectite and kaolinite in poor drained environment. They present low CEC, tendency of accumulation of sodium in subsurface, high bases saturation dominated by calcium under unbalance with potassium and magnesium.

Key words: Anorthosites. Weathering. semi-arid. Plagioclases. Cambisols.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização do Município da Passira, PE; B-Geologia geral do Município da Passira e C-Complexo Metanortosítico da Passira (CMAP).....25
- Figura 2 - A e B mostrando o ambiente dos locais da abertura dos perfis P1 e P2, respectivamente, e C, o ambiente paisagístico geral do CMAP.....27
- Figura 3 - A-Fotos do perfil 1 (acima) e o B-perfil 2 (abaixo)34
- Figura 4 - Diagrama de fases ternário dos membros finais An-Ab-Or, An :anortita, Ad: albita e Or:Anortoclásio.....46
- Figura 5 - Difratoograma de raios- X da fração areia total Fd (feldspato), Qz (quartzo), Tc (Talco), Af (anfíbólio).....51
- Figura 6 - Difratoograma de raios- X da fração silte do P1 e P2. Fd (feldspato), Qz (quartzo), V (vermiculita),M(Mica).....52
- Figura 7 - Difratoograma de raios- X da fração argila natural (pó) do P1 e P2. Fd (feldspato), Ct (caulinita).....54
- Figura 8 - Difratoograma de raios- X da fração argila orientada, saturada com K e Mg e solvatada com glicerol, tratamentos térmicos K (25,110,350 e 550°C) (P2). Es (Esmectita) e Ct (Caulinita).....55
- Figura 9 - Difratoogramas de raio X da fração argila (teste Greene-Kelly) do P2. Bt/Nt (beidelita/nontronita); Mt (montmorilonita).....56
- Figura 10 - A (ppl) e B (xpl) alterações do plagioclásio em fraturas, preenchimentos, horblenda fraturada pelos plagioclásios; C (ppl) e D (xpl) plagioclásio alterado, E (ppl)e F (xpl) plagioclásio fraturando biotita e alteração da biotita. G (ppl) e H (xpl) evolução do plasma, excrementos e raízes. Perfil 1.....65
- Figura 11 - A (ppl) e B (xpl) transição de Crn2/R para Crn1/R. variação dos componentes entre horizontes, evolução do plasma, redução de tamanhos; C (ppl) e D (xpl) alterações do plagioclásio em planos preferenciais e desprendimento em grãos (alteração mesomórfica), E(ppl)e F (xpl) plagioclásio e biotita em alteração. G (ppl) e H (xpl) alteração de anfibólios e evolução do plasma do perfil 2.....66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Georeferenciamento dos perfis selecionados P1 e P2.....	26
Tabela 2 - Atributos morfológicos de perfis de solos desenvolvidos de metanortosito, Município da Passira, PE.....	35
Tabela 3 - Atributos físicos de solos desenvolvidos de anortosito, Município da Passira, PE.....	39
Tabela 4 - Avaliação da uniformidade litológica de acordo com (WRB, 2015).....	40
Tabela 5 - Atributos químicos de solos desenvolvidos de metanortosito, Município da Passira, PE.....	43
Tabela 6 - Relações entre os nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+	45
Tabela 7- Resultados de análises químicas semi-quantitativas de fluorescência de raios-X da TFSA.....	47
Tabela 8 - Determinação os membros finais An-Ab-Or da rocha anortosítica.....	48
Tabela 9 - Extração sequencial de Fe^{2+} e Al^{3+} DCB, extração Fe^{2+} e Al^{3+} com Oxalato e relações Feo/ Fed e Alo/Ald.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Hipóteses.....	20
1.2 Objetivo geral	20
1.3 Objetivos específicos.....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 Descrição da área de estudo	24
3.2 Seleção de perfis, descrição e amostragem.....	26
3.3 Análises físicas.....	27
3.4 Análises químicas para fins de classificação.....	28
3.5 Análise química total (fluorescência de raios X-FRX)	29
3.6 Análises Fe e Al extraídos por Ditionito Citrato Bicarbonato de Sódio e Oxalato de Amônio.....	30
3.7 Análises mineralógicas por Difração de Raios X.....	30
3.8 Análise Micromorfológica do solo.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Atributos morfológicos dos solos.....	32
4.2 Atributos físicos.....	36
4.3 Atributos químicos	40
4.3.1 Atributos químicos de fertilidade	40
4.3.2 Análise Química Total do Solo - FRX.....	45
4.3.3 Extração seletiva de Ferro e Alumínio.....	49
4.4 Mineralogia	50
4.4.1 Mineralogia da fração areia	51
4.4.2 Mineralogia da fração silte.....	51
4.4.3 Mineralogia da fração argila	52
4.5 Análise micromorfológica do solo.....	56
4.6 Classificação taxonômica dos solos.....	67
5 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICE A-Descrição dos perfis	74
Apêndice B- Atributos físicos e químicos dos solos analisados	78
APÊNDICE C - Fracionamento da fração areia segundo USDA.....	80
APÊNDICE D- Características micromorfológicas dos solos.....	81

1 INTRODUÇÃO

A mesorregião do Agreste Pernambucano estende-se por uma área de aproximadamente 24.400 km², inserida entre a Zona da Mata (Clima tropical úmido) e o Sertão (Clima tropical semiárido e árido), representando 24,7% do território pernambucano (IBGE, 2007).

A porção da Mesorregião Agreste de Pernambuco denominada Agreste Setentrional tem uma área de 3.544,5 Km² (3,5% do estado de Pernambuco) e é formada por 19 municípios onde, segundo o Censo 2000 do IBGE, vive uma população de 433.771 habitantes (5,8% da população de Pernambuco), sendo 255.620 habitantes na zona urbana e 208.151 habitantes na zona rural. Nesta região ocorre o Complexo Metanortosítico da Passira, no Município da Passira.

Anortositos são constituídos por plagioclásio calco-sódicos (com cerca de 90%), ocorrendo geralmente a Labradorita e a Bytownita, como os minerais principais, e tem como minerais acessórios mais comuns os anfibólios, piroxênios, olivina, ilmenita e espinel (ASHWAL, 1993; GHOSE et al., 2008). O nome (*anorthosite*) foi proposto em 1863 por T. S. Hunt, e deriva da divisão cristalográfica dos feldspatos em *orthose* (monoclíco) e *anorthose* (triclínico) (ASHWAL, 1993).

Os anortositos ganharam sua importância ao serem descobertos como rocha lunar, e vários estudos e experimentos laboratoriais foram desenvolvidos para seu entendimento, primordialmente pela necessidade da humanidade entender cada vez mais aspectos de corpos celestes (AARTHY et al., 2008; WAKEFIELD et al., 2012).

Estudos disponíveis sobre anortositos terrestres abordam principalmente aspectos geológicos, geoquímicos e petrográficos como (SARKAR, 1981; ASHUWAL, 1993; GHOSE et al., 2008; VINOTH et al., 2013), geoquímicos em jazidas minerais (SCHENADO; FORMOSO, 1993), geoquímica e Elementos de Terras Raras (ETR) (ACCIOLY et al., 2011), este último realizado no Nordeste brasileiro, no Complexo Metanortosítico de Passira, complexo geológico onde foi realizado o presente estudo de intemperismo e formação de solos.

Ao longo da região do entorno do Agreste setentrional de Pernambuco e do CMAP há vários estudos de pedogênese, especialmente relacionando o material de origem e os atributos dos solos, no entanto, se tratam de solos formados basicamente sobre as suítes graníticas e gnáissicas (PARAHYBA et al., 2010; SANTOS et al., 2012, SILVA et al., 2016; SILVA

et al., 2017), tendo se vislumbrado a partir da realização do presente estudo a relevância para o avanço do estudo de intemperismo e formação de solos em ambiente tropical, em especial semiárido, visto a ocorrência de superfícies anortosíticas em diversas partes do globo sob distintas condições climáticas e a virtual ausência de estudos sobre pedogênese em terrenos anortosíticos.

1.1 Hipóteses

Na região de ocorrência do Complexo Anortosítico de Passira, e sob o clima semiárido a alteração de anortositos está predominantemente sob bissialitização e alta saturação por bases. Ainda nas condições do mesmo geoambiente de estudo há desbalanço entre os teores disponíveis de cálcio, magnésio e potássio.

1.2 Objetivo geral

Estudar os atributos morfológicos, físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos de solos desenvolvidos a partir do produto da alteração de anortositos, com fins à compreensão do intemperismo de anortositos e dos principais processos pedogenéticos envolvidos na formação dos solos.

1.3 Objetivos específicos

- Caracterizar morfológica, física e quimicamente os solos;
- Determinar a assembleia de minerais nas frações areia, silte e argila;
- Determinar os teores dos elementos maiores (Ca, Mg, K, Na, Si, Al, Fe e P) e menores (Ti) dos solos e índice de intemperismo e,
- Avaliar potencial de reserva de nutrientes, em relação ao balanço de Ca, K, e Mg disponíveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Região Nordeste

A Região Nordeste do Brasil é abrangida por clima úmido ao árido, por relevos baixos a planálticos, cuja vegetação composta principalmente pela caatinga varia da faixa tropical úmida no litoral até a faixa abrangida pelo clima árido (FERREIRA et al., 2014). Nesse intervalo ocorre a faixa abrangida pelo clima semiárido de baixas precipitações e muito quente, com predominância da caatinga hipoxerófila (ARAÚJO-FILHO et al., 2014).

Os solos resultam na sua maioria da interação dos fatores de formação, contudo à medida que se avança da Zona da Mata (litoral) com solos que são bastante evoluídos para o interior (sertão) o clima diminui o seu impacto na formação dos, dando lugar a geologia que confere solos pouco evoluídos (ARAÚJO-FILHO et al., 2014) e no mesmo sentido muda se da predominância de solos caulíníticos 1:1, para 1:1 e 2:1 e do semiárido ao árido predominando 2:1 (BÉTARD, 2012).

A região com clima semiárido do Nordeste Brasileiro, em virtude de baixas precipitações e elevada evapotranspiração, do relevo, da geologia e da drenagem, apresenta condições favoráveis à ocorrência de solos afetados por sódio e, ou, sais e mineralogicamente, são solos pouco intemperizados com ocorrência de feldspatos potássicos, plagioclásios calcosódicos e argilominerais montmorilonita e mica (MOTA; OLIVEIRA, 1999).

Nos solos abrangidos pelo semi-árido a presença de vermiculita e caulinita, transformações de biotitas em vermiculitas, e destas em esmectitas uma diminuição de esmectita e um aumento de caulinita na direção dos horizontes superficiais são fenômenos comuns (MOTA; OLIVEIRA, 1999).

Em razão de o clima influenciar menos as características dos solos, as principais características dos solos, sobretudo os desenvolvidos de rochas cristalinas, refletem forte relação com o material de origem e a influência do relevo, ocorrendo vários tipos de solos, desde Neossolos regolíticos, neossolos litólicos, planossolos e Cambissolos (ARAÚJO-FILHO et al., 2014).

2.2 Anortositos: origem, classificação e sua distribuição

Anortositos são formados a partir de magmas basálticos por processos cumuláticos de caráter estratiforme, gerado inicialmente por diferenciação magmática durante a ascensão de

magma do manto superior, onde o magma de composição gabróide ou outros é alojado em uma câmara magmática seguido de cristalização fracionada por segregação gravítica, resultando da flutuação dos plagioclásios e segregação de cumulos ferro-magnesianos, permitindo assim a geração de grande variedade de litotipos distintos (GODOY et al., 2014).

A classificação mais comum dos anortositos foi feita em função da sua ocorrência, nomeadamente os terrestres e os extraterrestres, onde os terrestres compreendem os arqueanos plutônicos, arqueanos maciços, proterozóico plutônicos, intrusões máficas acamadas, enclaves (xenólitos e cognatos) de ambientes oceânicos, ocorrendo em quase todos continentes, expressivamente na América, África, Europa, Ásia e Antártica (ASHWAL, 1993).

Podem ser contabilizados cerca de cinquenta e quatro (54) complexos anortositos no mundo, totalizando cerca de 155 000 km², distribuídos pela América (Canadá, Austrália, Ontário, Minesota, Labrador, Ásia (Índia), Europa (Rússia, Greenland, e África (Angola, África do Sul, Madagáscar, Messina) e Antártica (Montana, Dufek) (ASHUWAL, 1993).

Ocorrem mais complexos anortosíticos na América (quatro complexos no Canadá, Nova York), na África (Angola/Namíbia e Tanzânia), Europa, Kolvitsa e Noroega (Ilhas Lofoten e Rogaland) e Ásia (China-Damião), (ACCIOLY et al., 2010). No Brasil ocorrem expressivos complexos anortosíticos, nomeadamente Anortosito Capivarita, no Rio Grande do Sul com 70 Km² (SCHENADO E FORMOSO, 1993) e Complexo Barro Alto, Goiás com 2.860 km² (OLIVEIRA et al., 2009) e o, Complexo Metanortosítico de Passira, em Pernambuco com 240 Km² (ACCIOLY et al., 2005).

2.3 Complexo Metanortosítico de Passira-CMAP

Complexo Metanortosítico de Passira (CMAP) está inserido na região semiárida de Pernambuco, na Província Geológica da Borborema, comumente chamada de Planalto da Borborema, que é uma extensa estrutura elevada, cujo relevo apresenta-se bem irregular com níveis altimétricos variando principalmente entre 400 e 900 m, com algumas superfícies atingindo mais de 1.000 m (ACCIOLY et al., 2005; BELTRÃO et al., 2005). Ocorrem afloramentos rochosos plutônicos expostos à denudação e rochas metassedimentares em blocos soerguidos, rebaixados e basculhados, cristas, pontões, *inselbergs* em paisagens montanhosas e rebaixadas que tendem aplainar e topos planos (CORRÊIA et al., 2010).

Geologicamente, ao longo da região predominam rochas plutônicas ácidas do Pré-Cambriano, principalmente as graníticas e em menor proporção granodioritos. Ocorrem também domínios de rochas metamórficas, como xistos, gnaisses e quartzitos que podem incluir metarcósios e calcário cristalino (FILHO et al., 2014). Neste contexto, parte da região é constituída pelos litotipos do Complexo Salgadinho e da suíte Gabro-anortosítica, nesta última ocorre o Complexo Anortosítico de Passira (CMAP), que está geotectonicamente inserido no Terreno Rio Capibaribe da Zona Transversal da Província Borborema (CORRÊA et al., 2010).

O CMAP é do tipo maciço, com proporções batolíticas composto principalmente de metanortositos, metagabros, metadioritos e lentes ultramáficas (ACCIOLY et al., 2005; CORRÊA et al., 2010). Os piroxênios podem ser augita e clinoestantita (pigionite) isto nos gabroanortositos, e nos metapiroxênio-anortositos ocorre a enstantite (do grupo dos ortopiroxênios) e ocorrem Elementos Terras Raras (ETR) nas fases primárias dos minerais das rochas (ACCIOLY et al., 2005).

2.4 Produtos de alteração de plagioclásios em corpos anortosíticos

Os estudos sobre a alteração de anortosito foram realizados em climas temperados ou úmidos, os quais têm mostrado a formação de caulinita e haloisita como principais minerais secundários, e quando da ocorrência de minerais máficos no corpo anortosítico (a exemplo da hornblenda) promove também a formação de minerais do tipo 2:1 (PHILIPP et al; 2010).

Estudos geoquímicos e mineralógicos com anortositos referem se a alteração de plagioclásio para caulinita e haloisita, as hornblendas para e clorita, vermiculitas que finalmente formam caulinitas e esmectitas (SCHENADO; FORMOSO, 1993).

Não há nas bases de dados acessíveis relatos de estudos sobre intemperismo e gênese de solos desenvolvidos de anortosito, exceto o trabalho realizado no sul da Califórnia por Taylor et al. (1990), onde se observou perfis pouco profundos (60 cm), com a sequência de horizontes A, AC, C e Cr e R com as cores variando de 10YR 5/1 para 10YR 8/1 seco e de 10YR3/1 para 10YR 7/2 úmido. Os horizontes Cr podendo ser cortados com a faca ou pá, muito fraturados e com raízes nas fraturas. A textura variando de areia franca a francoarenosa com <10% de argila.

O pH dos solos variaram de 5,9 para 6,8 de A para Cr, percentual de saturação de bases entre 70 a 96, a CTC < 22,4 Cmolc.Kg⁻¹, %Ca de 70 a 86, muito baixos teores de K≤0,5; Na≤0,4

e $Mg \leq 1,4 \text{ Cmolc.Kg}^{-1}$, com alta relação cálcio:magnésio ($< 16,5$) e cálcio: potássio (< 32) (TAYLOR et al., 1990).

Ainda no mesmo estudo citado acima, a assembleia de minerais é constituída por plagioclásios, laumontite, hornblendas e micas na fração areia; na fração silte identificou-se plagioclásio, laumontite, mica, hornblenda, caulinita, vermiculita e esmectitas, e finalmente na fração argila foram encontradas caulinitas, plagioclásios, esmectitas, vermiculitas, hornblendas e micas (TAYLOR et al., 1990).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo está inserida no Complexo Metanortosítico de Passira (CMAP), localizado no município de Passira na região Agreste de Pernambuco, limitando-se a norte com os municípios de Salgadinho e Limoeiro, a sul com Gravatá, Pombos e Bezerros, a leste com Feira Nova e Gloria do Goitá e a oeste com Cumaru (IBGE, 2005) (Figura 1).

Geologicamente o CMAP situa-se no Terreno Rio Capibaribe, na Zona Transversal da Província Borborema ao norte do Lineamento Pernambuco, compreendido entre as coordenadas $07^{\circ} 50'$ e $8^{\circ} 8'$ de latitude sul e $35^{\circ} 21'$ e $35^{\circ} 36'$ de longitude oeste de Greenwich. O CMAP é formado por um batólito de composição principalmente anortosítica, constituindo um Complexo do tipo maciço, com ocorrências secundárias de metagabros, e metagabronoritos (ACCIOLY et al., 2011; CORRÊA et al., 2010; FARINA et al., 1981) (Figura 1).

O CMAP se localiza na depressão intraplanáltica pernambucana, com altitude média de 600 m, podendo atingir 800 m nas serras, resultando na drenagem do tipo radial dendrítica (CORRÊA et al., 2010). O clima regional é do tipo Bs'h da classificação de Köppen, semiárido, muito quente (com chuvas no outono e inverno). A precipitação média anual varia entre 600 mm e 1.000 mm, com temperatura média anual em torno de 24°C , a vegetação predominantemente é tipicamente de semiárido do tipo caatinga hipoxerófila, podendo ocorrer floresta subcaducifólia a caducifólia nas regiões de maiores altitudes (BELTRÃO et al., 2005; PAIVA et al., 2013).

3.2 Seleção de perfis, descrição e amostragem

A seleção dos locais para a abertura dos perfis de solos foi baseada no mapa geológico de Pernambuco (TORRES, 2014) nos estudos realizados por Accioly et al. (2011) e Accioly et al. (2010), de forma que os pontos de amostragem estivessem seguramente sobre a litologia anortosítica. Além disto, para evitar as contribuições laterais de materiais provenientes de outras litologias diferentes de anortositos, foi escolhida duas superfícies em topo plano com baixa declividade e em áreas sem a prática da agricultura e outras atividades antrópicas.

Assim, foram abertos dois perfis de solos, cujas localizações (ver Tabela 1 e Figura 2), os quais foram descritos morfologicamente de acordo com (SANTOS et al., 2015). Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas (torrões e caixas de Kubienas) dos horizontes para análises laboratoriais. As caixas de Kubienas foram coletadas nas transições entre horizontes. Ainda foram coletadas amostras de fragmentos de rochas, os quais foram submetidos à análise petrográfica e análise química total.

As amostras deformadas foram secas ao ar, pesadas, levemente destorroadas em um tablado de borracha com o auxílio de um rolo de madeira e passadas em peneiras com malha de 2 mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA), que foi utilizada para realização das análises, as frações > 2 mm (cascalho e calhaus) foram separadas e quantificadas, conforme recomendado pela Embrapa (2011).

A classificação taxonômica dos solos estudados foi realizada de acordo com os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

Tabela 1 – Georeferenciamento dos perfis estudados

Perfil	Coordenadas -GPS,	Altitude (m)
P1	08° 00' 13,5'' S / 35° 30' 30,9'' W	204
P2	08° 01' 53,4'' S/35° 30' 14,9'' W.	199

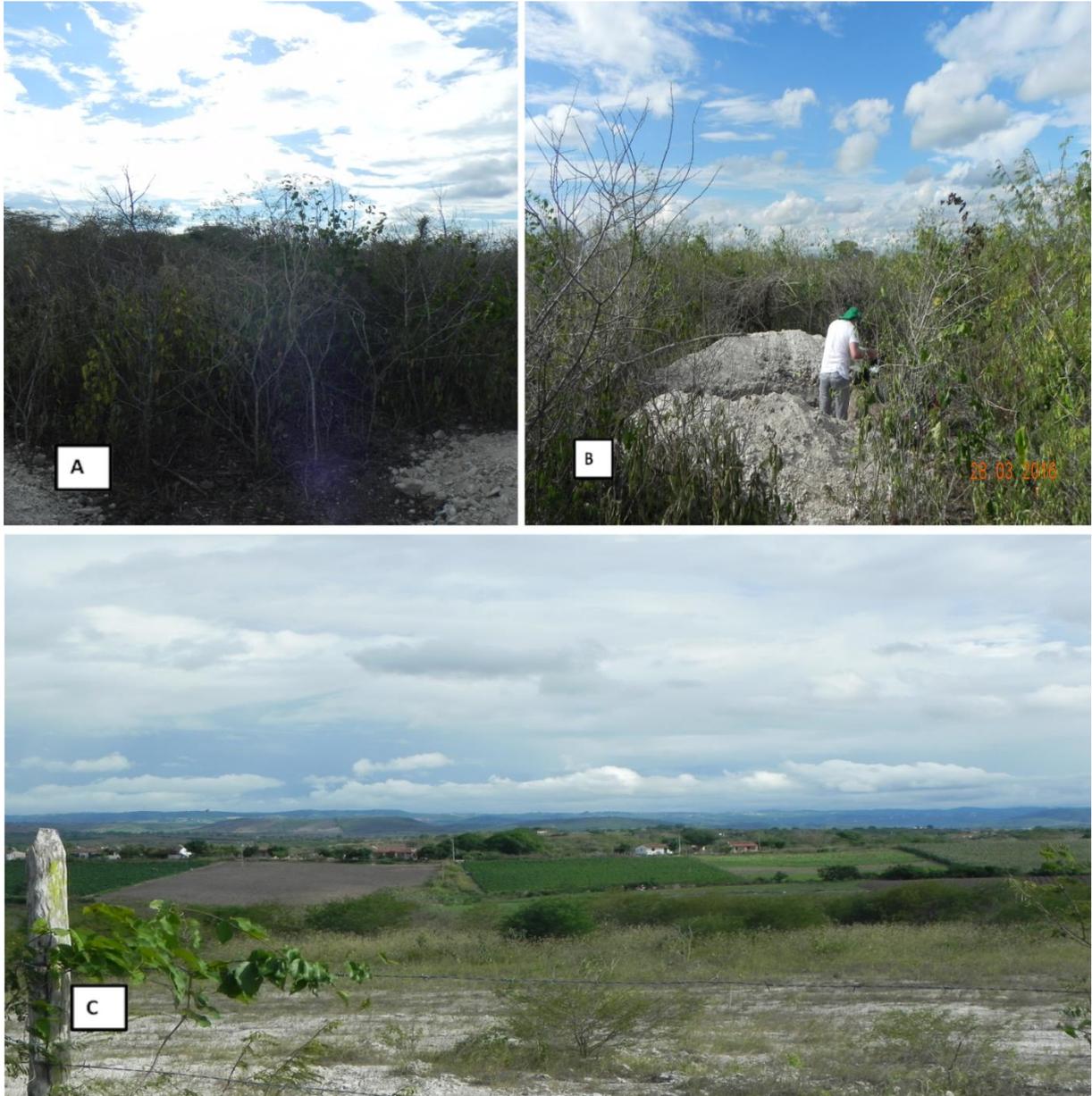


Figura 2 – **A** e **B** mostram ambiente dos locais da abertura dos perfis P1 e 2, respetivamente, e **C**, o ambiente paisagístico geral do CMAP

Antes de iniciar os procedimentos analíticos, foi obtido o extrato da pasta saturada para analisar a condutividade elétrica dos solos, caso esses valores fosse superior a 4,0, as amostras seriam submetidas à lavagem com etanol à 60% para fins de eliminação dos sais (RICHARDS, 1954).

3.3 Análises físicas

Para separar as frações granulométricas dos solos foi utilizado o Calgon (combinação de hidróxido de sódio - NaOH e hexametáfosfato de sódio - NaPO₃) à 0,1 mol L⁻¹ como

dispersante do solo, na proporção 1:1,25. As amostras foram agitadas durante 16 horas em agitador rotatório vertical tipo Wagner.

A granulometria da TFSA foi realizada pelo método do hidrômetro, utilizando o Calgon como dispersante calgon a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (combinação de hidróxido de sódio - NaOH e hexametáfosfato de sódio - NaPO_3) (GEE; OR, 2002). A fração areia dos horizontes de cada solo foi fracionada (após dispersão, coleta e secagem) segundo a escala modificada de Atterberg: areia muito grossa (2-1 mm), areia grossa (1-0,5 mm), areia média (0,5-0,25 mm), areia fina (0,25-0,1 mm) e areia muito fina (0,1-0,05 mm) (SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993). Para a argila dispersa em água (ADA), foi utilizado o mesmo procedimento da granulometria, substituindo o dispersante químico por água destilada. A densidade de partículas (D_p) foi realizada pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool como líquido penetrante (FLINT; FLINT, 2002) e densidade do solo (D_s) pelo método do torrão parafinado (EMBRAPA, 2011). A partir dos resultados obtidos, foram calculados o teor de silte, grau de flocculação (GF) porosidade total (P%), relação Silte/Argila (S/A), (EMBRAPA, 2011).

Com o fracionamento da areia (AMG, AG, AM, AF, AMF) foi avaliada a descontinuidade litológica no perfil, empregando o Valor de Uniformidade (VU) de acordo com Tsai & Chen (2000) e World Reference Base for Soil Resources – (WRB, 2015). O cálculo do Valor de Uniformidade (VU) determina-se pela razão entre a granulometria de um horizonte superior (numerador) e a do horizonte subjacente (denominador), onde valores que não estão entre 0,61 e $-0,61$ indicam descontinuidade litológica, com base na relação $VU = \{[(S + AMF) / (A - AMF)] \text{ horizonte superficial} / [(S + AMF) / (A - AMF)] \text{ horizonte subjacente}\} - 1,0$.

Onde S = fração silte; AMF = fração areia e AF = fração areia fina, com valores em percentagem. Os valores quanto mais próximos de zero, mais provável é a similaridade do material de origem dos dois horizontes (TSAI; CHEN, 2000).

3.4 Análises químicas para fins de classificação

As análises químicas foram realizadas de acordo com métodos presentes em (EMBRAPA, 2009; EMBRAPA, 2011), tendo sido determinados: pH em água e KCl à 1 mol.L^{-1} (solo: solução 1:2,5); Na^+ , K^+ e P-“disponível” foram extraídos por Mehlich-1 (solução duplo ácida de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e H_2SO_4 $0,025$), sendo Na^+ e K^+ determinados por Espectrofotometria de Emissão de Chama, enquanto o P-“disponível” determinado por colorimetria. A extração de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis foi realizada com o extrator KCl à 1 mol.L^{-1} e determinados por

Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA). A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) foi determinada por meio da extração com acetato de cálcio ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) a pH 7 e determinada por titulometria ($NaOH 0,025 \text{ mol L}^{-1}$). O carbono orgânico foi determinado por via úmida segundo o método de (WALKEY-BLACK, 1934). A partir dos resultados obtidos das análises, calcularam-se os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), a saturação por sódio (PST), saturação por Al^{3+} (m), conforme recomendado EMBRAPA (2009). Para fins de avaliação da fertilidade natural dos solos, foram calculadas as relações entre os nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ : Ca^{2+}/Mg^{2+} , Ca^{2+}/K^+ e Mg^{2+}/K^+ , baseado em espécies cultivadas.

3.5 Análise química total (fluorescência de raios X-FRX)

As amostras dos solos (TFSA) foram maceradas em almofariz de ágata e passadas em peneira em 200 mesh. Uma porção da amostra foi secada em estufa a $110 \text{ }^\circ\text{C}$. Outra porção de amostra seca foi levada a uma mufla a $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 horas para determinação da perda ao fogo. Outra porção de amostra seca foi prensada em cápsulas de alumínio com 30 toneladas de força. As pastilhas prensadas foram analisadas em espectrômetro de fluorescência de raios-X usando um espectrômetro Rigaku modelo ZSX Primus II, equipado com tubo de Rh e 8 cristais analisadores. Os resultados da varredura semiquantitativa foram recalculados para 100% após a incorporação do valor da perda ao fogo. Os resultados estão expressos em peso % na base massa, ou, dag/kg.

A partir dos dados de FRX foi calculado o índice de intemperismo CIA, visto que o anortosito é uma rocha essencialmente formada de feldspato plagioclásio (NESBITT; YOUNG,1982).

Onde $CIA = (Al_2O_3 / Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O) \times 100$, que é diretamente proporcional ao grau de intemperismo. Os valores de CIA iguais e próximos de 50 indicam que não houve alteração intempérica significativa, enquanto que valores próximos a 100 indicam intensa alteração com completa remoção dos elementos alcalinos e alcalinos terrosos.

Os dados obtidos da análise total da amostra da rocha foram usados para determinar os membros finais da série dos plagioclásios An-Ab, assumindo que o cálcio e o sódio sejam derivados da rocha anortosítica e que o potássio seja proveniente da biotita. A identificação dos grupos dos plagioclásios calco-sódicos baseou-se em recomendações de (DEER, et al.,1992; Droop, G.T.R.,1987) e pelo método proposto por método Michel-Levi (Kerr, 1959). Para o sistema de diagrama de fases ternário An-Ab-Or foram usadas as fórmulas seguintes,

feldspatos ternários $Na = 100 * Ca / (Ca + Na + K)$, $Ab = 100 * Na / (Ca + Na + K)$ e $Or = 100 * K / (Ca + Na + K)$ de acordo com (Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 2013).

3.6 Análises Fe e Al extraídos por Ditionito Citrato Bicarbonato de Sódio (DCB) e Oxalato de Amônio

A extração seletiva de alumínio e ferro de alta cristalinidade, Ald e Fed respectivamente, foi feita por meio de ditionito citrato bicarbonato de sódio (DCB) (MEHRA; JACKSON, 1960; HOLMGREN, 1967); A extração de ferro de baixa cristalinidade (Feo) e alumínio oxalato (Alo) e respectivamente, foi feita com solução de oxalato ácido de amônio ($(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$) 0,2mol L⁻¹ a pH=3, no escuro e em uma única extração (MCKEAGUE & DAY, 1966). Foram analisadas amostras três horizontes de cada perfil (horizonte superficial, intermediário e mais inferior), para o P1 foram P1A, P1Bi e Crn1, e para P2, foram P2A, P2Bin e P2Crn1/R. As amostras da argila foram maceradas em almofariz de ágata depois passadas em peneiras com malha de 80 mesh. A partir dos resultados obtidos, foram calculadas as relações Feo/Fed e Alo/Ald.

3.7 Análises mineralógicas por Difração de Raios X

As análises mineralógicas foram realizadas nas frações areia total, silte e argila, de amostras de três horizontes de cada perfil, utilizando as amostras dos horizontes usados para as análises de extração seletiva de Fe e Al.

A separação da fração argila da fração silte foi realizada por sifonação, coletando se 5 cm de altura da proveta a cada 4h após agitação. Após cada coleta, o volume de cada proveta era completado com o dispersante calgon mantendo o pH entre 8,0 e 8,5. Esse procedimento repetiu-se por várias vezes até a total retirada da fração argila e limpeza da fração silte.

As frações foram secas em estufa 60 °C com circulação de ar, maceradas em almofariz de ágata e passadas em peneira de 100 mesh. As análises mineralógicas das frações areia, silte e argila foram realizadas em um Difratorômetro de Raios-X, modelo Shimadzu XRD 6000, operando a uma tensão de 40 kV, com corrente de 30 mA e radiação de α -Cu, com monocromador de cristal de grafite acoplado.

A fração areia, silte e a argila natural foram analisadas na forma de pó não orientado, com a amplitude de varredura de 5 a 70° 2 θ e velocidade de registro de 1° 2 θ min⁻¹. As argilas foram analisadas na forma de agregados orientados, primeiro foram submetidas aos pré-tratamentos de eliminação de óxidos de ferro, de acordo com os métodos preconizados por

(JACKSON, 1975). Para identificar os filossilicatos nas amostras, partes de cada amostra de argila submetida aos pré-tratamentos foram saturadas com cloreto de potássio (KCl) e outra com cloreto de magnésio ($MgCl_2$) e analisadas sob temperatura ambiente. As tratadas com K passaram por mais tratamentos térmicos, sendo aquecidas a 110°, 300° e 550°C, identificadas como K25; K110; K300 e K550, respectivamente. As saturadas por $MgCl_2$ foram posteriormente solvatadas com glicerol (Mg-Gli). Com o objetivo de verificar o efeito Hofmann e Klemen, as amostras em que foram identificadas esmectitas, foram submetidas ao teste de Li (GREENE KELLY, 1953), que consiste em saturar a amostra com LiCl à 1mol.L^{-1} , seguido de aquecimento a 270 °C durante 9 horas, de acordo com (LIM ; JACKSON, 1986).

A orientação das argilas sobre a lâmina de vidro foi realizada sob a forma de esfregaço, friccionando as argilas tratadas com uma lâmina de vidro sobre a outra de análise, de modo que as partículas dos minerais ficassem paralelas umas às outras, obtendo-se assim a amostra orientada. A amplitude de varredura no DRX foi de 3 a 40° 2 θ e velocidade de registro de 1° 2 θ min⁻¹.

A interpretação dos difratogramas e os critérios usados na identificação dos minerais das frações areia, silte e argila foram: espaçamento interplanar (d), forma, largura e intensidade dos picos e comportamento frente aos tratamentos (BROWN; BRINDLEY, 1980; MOORE; REYNOLDS, 1989).

3.8 Análise Micromorfológica do solo

As amostras impregnadas e endurecidas foram cortadas utilizando-se um equipamento petrográfico de corte fino padrão. Os fragmentos seccionados foram colados em lâminas de vidro com cola aralvide. O polimento foi realizado com uma camada abrasiva de carbureto de silício sobre uma máquina de disco rotatório até a espessura aproximada de 25 μm .

O acabamento final foi realizado manualmente com auxílio de pó abrasivo até a obtenção do padrão de extinção (cor de interferência) desejado para o quartzo. As análises por microscopia óptica foram realizadas no Centro de Laboratórios de Garanhuns (CENLAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco na Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG).

As descrições micromorfológicas foram realizadas sob luz polarizada incidente (ppl) e polarizada cruzada (ppx) em um microscópio petrográfico. As interpretações das lâminas seguiram as recomendações propostas por (BULLOCK et al., 1985).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos morfológicos dos solos

Os perfis P1 e P2 (Figura 3) encontram-se em topos planos, localmente em relevos suaves a ondulado, onde em P1 não apresenta sinais de erosão e em P2 observou-se um incipiente processo de erosão laminar. Os perfis estão localizados em topos e imediatamente cercados de áreas mais rebaixadas, sinalizando o sentido do escoamento superficial das águas, tendo regionalmente uma drenagem predominantemente do tipo dendrítica.

O perfil P1 atingiu 140 cm de profundidade, onde foi possível atingir a rocha, apresenta sequência de horizontes A, BA, Bi, Bin, Crn1 e Crn2, enquanto o perfil P2 atingiu 130 cm de profundidade, atingindo a rocha, apresentando sequência de horizontes A, BA, Bi, BCn, Crn1/R e Crn2/R, cujos atributos morfológicos podem ser vistos na Tabela 2.

O P1 possui o matiz em 10YR ao longo do perfil, cujas cores variaram de Bruno-acinzentado muito escuro a Bruno-escuro nos horizontes superficiais e de Bruno a Bruno-claro-acinzentado nos horizontes subsuperficiais, enquanto P2 apresenta cor Bruno-acinzentado muito escuro no horizonte A e Bruno nos horizontes subsuperficiais.

O predomínio de cores claras está associado ao baixo teor de ferro no material de origem com consequente ausência ou níveis muito baixos de goethita e, ou hematita, dados confirmados pela análise química total (Tabela 7) e resultados da mineralogia da argila (Figura 8). A cor mais escura nos horizontes superficiais, naturalmente, é devido ao maior acúmulo de carbono orgânico.

No P2, nos horizontes Crn1/R e Crn2/R predominam saprolitos esbranquiçados relativamente resistentes ao corte com faca, contendo pequenas porções de material brunado (solo), ocorre presença de pontuações escuras contidas no material branco (minerais máficos).

Os atributos como textura, estrutura, consistência foram bastante semelhantes entre si, excetuando a ocorrência de superfícies de compressão unicamente no P2, com feições insuficientes para caracterizar slickensides, entre os agregados de Bi e BCn, sendo fracas e poucas. A ocorrência de superfície de compressão apenas em P2 corrobora a sua composição mineralógica na fração, onde ocorre esmectitas, ilitas e caulinitas, enquanto em P1 não há presença de esmectitas (ver Figura 8). Em ambos os perfis foram observados sistemas de fraturas, sendo mais pronunciado em P2, ainda neste perfil foi observada presença de

mosqueado escuro o qual efervesceu ao tratamento com H_2O_2 , revelando presença de 'óxidos' de manganês, o que pode estar relacionado com uma condição de drenagem mais deficiente em P2 em relação à P1.

Em ambos os perfis ocorrem fraturas, sendo que no perfil 2, encontram associadas com as superfícies de compreensão, enquanto as que ocorrem no perfil 1 são menos frequentes. No saprolito, diferentemente do perfil 2, o perfil 1 apresenta maior rede de fraturas tornando os materiais rochosos menos maciços e menos consistentes e com preenchimentos mais espessos e expressivos de materiais alterados similares ao solo do horizonte sobrejacente. Os preenchimentos mais espessos nas fraturas dos horizontes saprolíticos do perfil 1, tendem a ser paralelos e planos em relação a superfície.

Comparativamente ao perfil 1, o saprolito do perfil 2 apresentou menor faturamento e material rochoso mais consistente ao ser perfurado com a faca pedológica, menor expressão de preenchimentos por materiais alterados parecidos com os solos do horizontes sobrejacentes. Os preenchimentos não apresentaram neste horizonte orientação preferencial.

Estas diferenças entre os sistemas de fraturas dos saprolitos dos dois perfis sugerem uma diferença na influencia da drenagem interna dos perfis, baseando se em Pedron et al. (2011); as diferenças nas orientações, densidade, tamanho, distância entre fraturas interfere na diferença de drenagem interna influenciando todas outras propriedades dos seus solos.

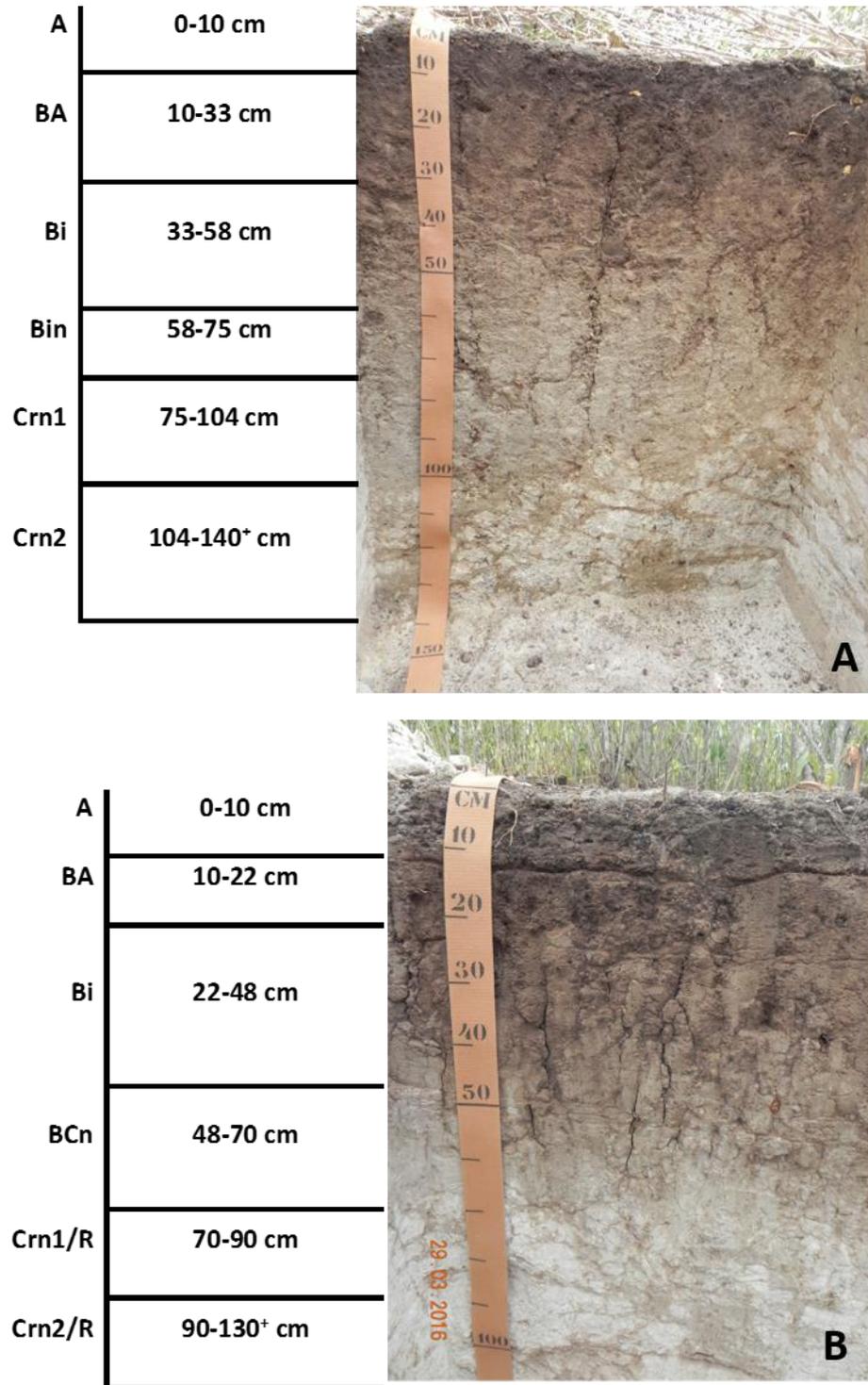


Figura 3 – **A**: Fotos do perfil 1 (acima) e **B**: abaixo o perfil 2

4.2 Atributos físicos

A fração maior que TFSA (>2 mm) também compõe os solos estudados (Tabela 3). O P1 praticamente está isento de calhaus, onde só aparecem no horizonte A (3 g/kg solo). O P2 possui calhaus nos horizontes Crn1/R e Crn2/R, 81 e 136 g.kg⁻¹, respectivamente. Os horizontes A e Crn2 possuem o maior teor de cascalho, 40 e 43 g.kg⁻¹, respectivamente. Os outros horizontes possuem um máximo de 25 e mínimo de 18 g.kg⁻¹. No P2 o teor de cascalho cresce com a profundidade, variando de 2 a 5 g.kg⁻¹ no solo aumentando para 45 e 445 g.kg⁻¹ no saprolito. Os horizontes subsuperficiais possuem maior teor de TFSA, seguidos dos horizontes A e por fim saprolito. O saprolito do P1 encontra-se mais alterado que o do P2 com, 957 e 419 g.kg⁻¹ nos últimos horizontes.

Em ambos os perfis, o teor de areia (grossa e fina) decresce dos horizontes A para os subsuperficiais (B), e destes aumenta com a profundidade até ao saprolito. Nos perfis o teor de areia fina é maior que o teor da areia grossa, excetuando os horizontes Bin, BCn e Crn1 e Crn2 do P1. No P1 a areia grossa varia de 95 a 463 g.kg⁻¹ e areia fina de 109 a 252 g.kg⁻¹. No P2 areia grossa varia de 91 a 363 g.kg⁻¹ e areia fina de 252 para 401 g.kg⁻¹. A areia total varia de 204 a 714 g.kg⁻¹ no P1 e de 343 a 764 g.kg⁻¹ no P2. Teores da fração areia fina, aumentando em profundidade foram observados por Taylor et al. (1990). No referido estudo foram encontrados maiores de areia em relação ao presente estudo, de 600 a 890 g.Kg⁻¹.

O teor de silte decresce com a profundidade em ambos os perfis, sendo menor que os teores de areia total e da argila. O P1 possui maior teor de argila que o P2, e em ambos aumenta de A para os subsuperficiais Bi, os quais contêm maiores quantidades de argila. Destes horizontes o teor de argila diminui até aos saprolitos. A mudança textural não é suficiente para formar um Bt. O P1 possui seu mínimo em Crn2 com 149 g.kg⁻¹, e 561 g.kg⁻¹ em Bi; O P2 possui um mínimo de argila em Crn2/R de 176 g.kg⁻¹ e o máximo em Bi com 450 g.kg⁻¹.

Em solos desenvolvidos de anortositos na Califórnia, os teores de silte e argila diminuem em profundidade, os valores de silte são semelhantes aos do presente estudo com máximos < 300 g.Kg⁻¹; e os teores de argila foram muito diferentes com máximo de 100 g.Kg⁻¹ (10%) (TAYLOR et al., 1990), quando neste estudo a argila varia de 140 a 560 g.kg⁻¹.

A argila dispersa em água (ADA) segue o mesmo padrão ou tendência que a argila total, sendo que no P1 é maior que o P2. O grau de flocculação, não obedece a uma tendência, tem

seu maior valor nos saprolitos, variando no P1 de 10 a 41%, e no P2 de 9 a 34%, respectivamente.

A relação silte/argila, dos dois perfis, sugeri para um alto grau de intemperização dos solos, dado que em geral é $<0,6$ nos horizontes B. No P1 os horizontes BA, Bi, Bin, variam de 0,3 a 0,4. E no P2 os BA, Bi e BCn ambos possuem relação $S/A=0,5$.

A relação areia fina/areia grossa (AF/AG), mostra que o teor de areia fina é superior ao da areia grossa em todo solo do P1, e todo sistema solo-saprolito do P2. Quanto ao intemperismo, a uniformidade da relação AF/AG, decrescentes/crescentes nos horizontes, denota uniformidade do material de origem, padrão (uniforme) de intemperismo ao longo do tempo.

Quanto aos processos hídricos, drenagem interna do solo, a fração areia grossa total poderá interferir menos na drenagem interna à medida que aumenta o teor da areia fina, isto é, podendo sugerir que no P1 a drenagem interna seja mais eficiente que no P2, pois a AF/AG do P1 é menor que a do P2, sugere também que a drenagem interna do saprolito do P1 seja maior que a do P2, e por consequente, acelerar a saída de produtos de intemperismo do sistema solo. Baseado em Salter (1986), a retenção da umidade no solo é diretamente proporcional ao teor de partículas finas no solo, e inversamente proporcional ao teor de partículas grossas.

Ainda nesta ótica comparativa entre os dois perfis, o fracionamento da areia segundo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), em areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF) e areia muito fina (AMF), conclui-se que para os solos estudados, a fração areia total é dominada pelas subfrações mais finas da mesma, podendo interferir bastante na drenagem interna do que a fração mais grossa da areia, pois $AF > AMF > AM > AG > AMG$. Os valores de fracionamento da areia se encontram no apêndice.

A densidade do solo nos dois perfis mostra se alta, variando no solo do P1 de 1,52 a 1,67 $g.dm^{-3}$, e no saprolito até a 2,08 $g.dm^{-3}$. No perfil 2, a densidade do solo varia de 1,59 a 1,75 $g.cm^{-3}$, sendo que o maior valor se concentra no o horizonte Bi, depois do qual baixa para 1,62 $g.dm^{-3}$ no Bin. Os horizontes saprolíticos Crn1/R e Crn2/R possuem densidades de 2,37 e 2,44 $g.cm^{-3}$. Resultados similares são encontrados em estudos de adensamentos em ambientes nativos e sem uso, no semiárido nordestino por tomografia e torrão (JÚNIOR et al., 2002); atribuindo a densidade alta dos solos a conjuntura de processos, pedogenéticos e físicos, aliados ao ambiente, podendo se destacar os ciclos de umedecimento e secagem que

provocam rachaduras que são preenchidas por silte e argila, entupindo os poros, a estrutura em blocos ou prismática passíveis de sofrer pressões, (e) iluviação de argilas, maior proporção de areia fina que induz ao melhor arranjo das partículas, por conseguinte o espaço poroso, características presentes nos solos estudados.

A densidade de partícula é próxima a densidade relativa dos plagioclásios, que está em torno de 2,76. Os plagioclásios predominam nas frações areia, silte e argila, como detectado pelo DRX (Figuras 5 a 9) e micromorfologia (Figuras 10A e 11A).

A porosidade alta no saprolito do perfil 1, de 37 a 26% no Crn1 e Crn2, respetivamente, pode estar associada a densa rede de faturamento do material pouco preservado em alteração e ao plasma de minerais finos que preenchem as fraturas, fissuras, exclusivamente observados pela micromorfologia, no saprolito do P1, e não ocorrendo no P2 com 10 e 11%, respetivamente (figuras 10A e 11A). Mesmas feições foram observadas em fáceis de alteração de contato lítico de anortositos e regolitos por (TAYLOR et al., 1990 & SCHENADO E FORMOSO et al., 1993).

Tabela 3 – Atributos físicos de solos desenvolvidos de anortosito, Município da Passira, PE

Horizontes	Prof.	Frações da amostra total			Granulometria da TFSA							— Densidade —		Porosidade Total			
		Calhaus	Casc	TFSA	Areia			Silte	Argila	ADA	GF (%)	Argila	AF		VU	solo	partícula
					Grossa	Fina	Total										
Símbolo	Cm	g kg ⁻¹			g kg ⁻¹							g cm ⁻³		%			
P1– Cambissolo Háplico																	
A	0-10	3	40	957	180	206	387	238	375	339	10	0,6	1,14	0,1	1,56	2,60	40
BA	10_33	0	23	977	137	162	298	165	536	392	27	0,3	1,19	0,4	1,52	2,71	44
Bi	33-58	0	21	979	95	109	204	235	561	457	19	0,4	1,15	0,3	1,55	2,66	42
Bin	58-75	0	25	975	147	145	292	205	504	383	24	0,4	0,99	1,7	1,67	2,71	38
Crn1	75-104	0	18	982	364	242	607	167	226	202	11	0,7	0,66	0,3	1,71	2,72	37
Crn2	104-140+	0	43	957	463	252	714	136	149	88	41	0,9	0,54	-	2,08	2,80	26
P2– Cambissolo Háplico																	
A	0-10	0	2	998	103	292	395	260	345	288	17	0,8	2,85	0,0	1,59	2,61	39
BA	10_22	3	2	995	91	252	343	232	425	359	16	0,5	2,76	0,1	1,64	2,62	37
Bi	22-48	0	5	995	92	252	345	205	450	409	9	0,5	2,74	1,4	1,75	2,64	34
BCn	48-70	0	3	997	230	355	585	140	275	213	23	0,5	1,54	0,6	1,62	2,71	40
Crn1/R	70-90	81	45	874	330	387	717	103	180	140	22	0,6	1,17	0,3	2,37	2,64	10
Crn2/R	90-130+	136	445	419	363	401	764	60	176	116	34	0,3	1,10	-	2,44	2,74	11

Legendas: prof. (profundidade em cm); Casc. (Cascalho); AG (Areia Grossa); AF (Areia Fina); ADA (Argila Dispersa em Água); GF (Grau de floculação); VU (Valor de uniformidade)

Nos perfis não ocorre descontinuidade litológica dos solos, pois a diferença abrupta de frações granulométricas verificada nas transições dos horizontes Bin para Crn1 do P1 e Bin para BCn do P2 (Tabelas 3 e 4) estão exclusivamente associadas a mudanças no teor de argila resultante de processos pedogenéticos (WRB, 2015).

Tabela 4 – Avaliação da uniformidade litológica de acordo com (FAO, 2015)

Perfil	Prof (cm)	Diferença Absoluta entre horizontes ¹			Diferença de um horizonte para subjacente ²			Resultado por grupos de fração				
		AG	AM	AF	AG/AF	AG/AM	AM/AF	AG/AF	AG/AM	AM/AF	Nº de critérios	
		.....%	.....%	.....%	.....%	.....%	.....%				sdl	dl
P1– Cambissolo Háplico												
A	0-10	1,4	1,4	2,3	5	10	-6	sdl	Sdl	sdl	3	0
BA	10_33	1,2	2,4	2,7	-4	-9	5	sdl	Sdl	sdl	3	0
Bi	33-58	-1,5	-3,1	-2,1	-9	11	-18	sdl	Sdl	sdl	3	0
Bin	58-75	-6,6	11,3	-4,2	-37	1	-38	DI	Sdl	dl	1	2
Crn1	75-104	-3,1	-2,2	-1,3	-13	-12	-1	sdl	Sdl	sdl	3	0
Crn2	104-140+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2–Cambissolo- Háplico												
A	0-10	0,2	0,8	1,5	-1	-2	1	sdl	Sdl	sdl	3	0
BA	10_22	0,0	-0,2	-0,6	3	2	1	sdl	Sdl	sdl	3	0
Bi	22-48	-1,3	-9,5	-8,9	-3	32	-34	sdl	DI	dl	1	2
BCn	48-70	-4,3	-3,7	-5,1	-48	-48	0	sdl	Sdl	sdl	3	0
Crn1/R	70-90	0,3	-3,8	-0,9	7	19	-14	sdl	Sdl	sdl	3	0
Crn2/R	90-130+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sdl:sem descontinuidade litológica pelas frações consideradas; **dl**: apresenta descontinuidade litológica pelas frações consideradas; **AG**: areia grossa; **AM**: areia média; **AF**: areia fina; ¹ deve se considerar se o valor $\geq 5\%$; ² Deve se considerar se o valor $\geq 25\%$.

4.3 Atributos químicos

4.3.1 Atributos químicos de fertilidade

Todos os atributos químicos de rotina obedecem às tendências uniformes dentro do perfil e entre os perfis em função da profundidade. A Tabela 5, abaixo mostra os atributos químicos.

O pH-H₂O é maior que pH-KCl dos solos, gerando um delta pH (Δ pH) negativo, e crescente em profundidade (em termos de valores absolutos). O Δ pH do P1 varia de -1,1 para -1,8 e no P2 varia de -1,3 à -2,6. Os valores negativos de Δ pH mostram o predomínio de cargas negativas no solo e da CTC em relação CTA (MELO; ALLEONI, 2009).

O pH-H₂O no P1 não obedece a algum padrão. Contudo no P2, aumenta em profundidade de 6,6 para 7,1 sendo classificado, quanto a reação do solo, como moderadamente ácido à praticamente neutro (SBCS, 2005). No P1 tem seu mínimo de 6,1 no horizonte BA e seu máximo 6,9 no A. O pH-KCl decresce em profundidade, tendo P1 o máximo de 5,8 no horizonte superficial e 4,9 no Crn2. No P2 tem máximo de 5,4 no horizonte A e o mínimo de 4,4 no Crn2/R. Resultados similares foram observados (TAYLOR et al., 1990). Ele observou pH crescente em profundidade de 5,0 a 6,8 (moderadamente neutro), muito baixos teores de bases e CTC, %V maior e dominada por Ca (70 a 86%).

Contrariamente ao Na⁺, em ambos os perfis, no geral o P2 com maiores teores que o P1, os teores de bases trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ são maiores em superfície e decrescem gradativamente com a profundidade, possuindo os menores valores nos saprolito.

No P1, os valores de Ca²⁺ variam de 5,03 a 1,05 Cmolc.kg⁻¹, de Mg²⁺ de 1,09 a 0,22 Cmolc.kg⁻¹, e K⁺ de 0,55 a 0,03 Cmolc.kg⁻¹ diminuindo gradativamente em profundidade. No P2, os valores de Ca²⁺ variam de 4,09 à 3,07 Cmolc.kg⁻¹, de Mg²⁺ de 1,18 à 0,78 Cmolc.kg⁻¹, e K⁺ de 0,33 à 0,04 Cmolc.kg⁻¹. No P1, os teores de Na⁺ aumentam gradativamente em profundidade de 0,17 a 0,22 Cmolc.kg⁻¹, e no P2 de 0,20 à 0,36 Cmolc.kg⁻¹.

Os teores de Ca²⁺ e Na⁺ são atribuídos aos produtos de alteração de anortositos, liberando o cálcio e sódio estruturais para as formas trocáveis no solo, ou dos membros intermediários na série dos plagioclásios cálcicos; os baixos teores de Mg²⁺ e de K⁺ podem ser atribuídos aos baixos teores no material de origem, e sendo provenientes de biotitas, talco, de minerais acessórios, como piroxênios e anfibólios (horblenda). Estes resultados são secundados (ACCIOLY et al., 2011).

Os materiais fonte de Ca, K e Mg encontram se menos alterados em profundidade e mais alterados em superfície, podendo explicar o decréscimo gradativo destes em profundidade. Os teores de Na⁺ crescentes em profundidade, podem estar associados ao processo de lixiviação.

A capacidade de troca catiônica (CTC), saturação bases (V%), a saturação por sódio (PST), a saturação por alumínio (m), indicam tem baixa CTC (<8,29 Cmolc.kg⁻¹), que os são eutróficos pela V% (<62,1 a 100%), tem um potencial de salinização (<9,2%), não são álicos, (<9,8), respetivamente. A partir dos horizontes Bin (P1) e BCn (P2) e até aos saprólitos, o teor de Na⁺ trocável é maior que 6 Cmolc.kg⁻¹ e menor que 15 Cmolc.kg⁻¹, conferindo o caráter

solódico aos solos. Os solos possuem baixos teores de atividade de argila Tb, pois são menores que 27 Cmolc.kg^{-1} (EMBRAPA, 2005).

A V% no P1 decresce em profundidade e no P2 pelo contrário aumenta, e em ambos os perfis a V% é dominada por Ca^{2+} (<43 a 75,4%). As diferenças nos perfis podem se atribuir a drenagem imperfeita no P2 que retém cátions no solo, contrariamente no P1 que se evidencia possuir drenagem perfeita. Resultados similares foram obtidos em estudos envolvendo anortositos onde $V > 80\%$ sendo mais de 70% saturada com cálcio (TAYLOR et al., 1990). Os baixos teores de alumínio, devem estar relacionados ao pH do solo e provavelmente parte do alumínio participe da neoformação de minerais secundários como esmectita, vermiculitas e principalmente caulinitas (ver figura 8).

Em ambos os perfis os teores de fósforo disponível são baixos ($< 0,36 \text{ mg.kg}^{-1}$), variando pouco em profundidade. O teor de CO é alto nos horizontes A e BA nos dois perfis. Depois destes horizontes baixa para cerca da metade nos perfis abaixo, e decresce gradativamente. O P1 possui nos horizontes A e BA 19,40 e 11,56 mg.L^{-1} , e o Bi possui 9,57 e decresce até 4,96 mg.L^{-1} no saprolito. O P2 possui nos horizontes A e BA 17,47 e 10,23 mg.L^{-1} , e o Bi possui 6,31 e decresce até 2,58 mg.L^{-1} no saprolito.

Tabela 5 – Atributos químicos de solos desenvolvidos de metanortosito, Município da Passira, PE

Horiz.	Prof. cm	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	PST	P	COT	T
					..... cmol _c kg ⁻¹										... % .....	.....mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	
P1 – Cambissolo Háplico																		
A	0-10	6,9	5,8	-1,1	5,03	1,09	0,55	0,17	6,83	0,05	1,46	8,29	82,4	0,8	2,0	0,36	19,40	22
BA	10_33	6,1	4,9	-1,2	3,76	0,94	0,07	0,37	5,14	0,18	1,82	6,95	73,8	3,4	5,3	0,39	11,56	13
Bi	33-58	6,3	4,9	-1,4	3,78	0,79	0,05	0,28	4,90	0,20	1,94	6,84	71,7	3,9	4,1	0,38	9,57	12
Bin	58-75	6,3	4,5	-1,8	3,01	0,75	0,04	0,36	4,15	0,29	1,40	5,55	74,8	6,6	6,5	0,34	6,56	11
Crn1	75-104	6,6	4,8	-1,8	1,48	0,35	0,03	0,27	2,13	0,13	1,02	3,15	67,7	5,6	8,6	0,33	5,90	14
Crn2	104-140+	6,4	4,9	-1,5	1,05	0,22	0,03	0,22	1,51	0,16	0,92	2,43	62,1	9,8	9,2	0,33	4,96	16
P2 – Cambissolo Háplico																		
A	0-10	6,7	5,4	-1,3	4,09	1,18	0,33	0,20	5,79	0,07	1,81	7,60	76,1	1,2	2,6	0,36	17,47	22
BA	10_22	6,6	5,3	-1,3	4,00	0,84	0,08	0,26	5,17	0,20	1,48	6,65	77,7	3,7	3,8	0,34	10,23	16
Bi	22-48	6,9	5,1	-1,8	4,71	1,09	0,08	0,32	6,20	0,18	1,23	7,42	83,5	2,8	4,2	0,34	6,31	16
BCn	48-70	6,9	4,7	-2,2	4,19	0,84	0,06	0,35	5,43	0,14	0,17	5,60	96,9	2,4	6,2	0,33	1,93	20
Crn1/R	70-90	7,1	4,9	-2,2	3,30	0,64	0,04	0,31	4,29	0,15	0,08	4,38	98,1	3,5	7,1	0,35	2,37	24
Crn2/R	90-130+	7,0	4,4	-2,6	3,07	0,78	0,04	0,36	4,25	0,12	0,00	4,25	100	2,8	8,4	0,33	2,58	24

Os produtos de intemperização de anortositos em estudo, mostra no geral, um desbalanço de fertilidade (Tabela 6), acautelando-se a questão da abordagem cultural e ou mesmo varietal. As relações entre cálcio, potássio e magnésio trocáveis no solo, comumente utilizados na tomada de decisão sobre calagem e adubações no geral, encontram-se bastantes fora do padrão para a maioria das variedades de espécies cultivadas.

Vários autores se referem para relações ótimas para várias culturas as seguintes $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$: 4 a 6:1; $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$:10 a 20:1; e $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+$:5 a 10:1 no entanto relações entre nutrientes acima ou abaixo delas pode ter efeitos benéficos ou não as culturas, conforme Lima et al. (1981) Silva et al. (1999) e Oliveira et al. (2001).

A relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$: está em torno do padrão (4:1) nos dois perfis, podendo estar relacionado com a presença de minerais que liberam Mg para o sistema solo, sendo talco e anfibólios detectados por DRX (Figura 5), piroxênios e estantite (observados pelo método de Michel-Levi (KERR, 1959). A relação Ca^{2+}/K está próximo do recomendado apenas nos horizontes superficiais (A), depois dos quais se encontra acima do ideal. $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+$ se encontra abaixo do padrão nos horizontes superficiais e acima nos restantes horizontes dos perfis.

Estas relações sugerem que o solo produto de intemperismo de anortositos nas condições do semiárido contribua para desbalanço de cátions para fertilidade dos solos para variedades cultivadas.

Tabela 6 - Relações entre os nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+

Horiz.	Prof.	$^1\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$	$^2\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$	$^3\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+$	$^4(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/\text{K}$
	Cm	..... $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}/ \text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$			
P1 – Cambissolo Háplico					
A	0-10	4,62	9,23	2,00	11,23
BA	10_33	3,98	54,12	13,60	67,71
Bi	33-58	4,77	81,18	17,04	98,22
Bin	58-75	4,03	81,67	20,26	101,93
Crn1	75-104	4,19	58,03	13,84	71,87
Crn2	104-140+	4,86	39,48	8,13	47,61
P2 – Cambissolo Háplico					
A	0-10	3,48	12,56	3,61	16,18
BA	10_22	4,77	52,31	10,97	63,29
Bi	22-48	4,31	60,32	14,00	74,32
BCn	48-70	5,00	73,27	14,66	87,93
Crn1/R	70-90	5,19	75,70	14,58	90,27
Crn2/R	90-130+	3,95	68,50	17,32	85,82

Legendas: $^1\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$:4 a 6:1; $^2\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$:10 a 20:1; $^3\text{Mg}^{2+}/\text{K}^+$:5 a 10:1

4.3.2 Análise Química Total do Solo - FRX

Os teores de óxidos determinados pelo espectrômetro de fluorescência de raios X, dos perfis e da rocha do P2, constam na Tabela 7. O índice de intemperismo CIA indica baixo índice de alteração intempérica, ou seja, que os solos são ainda jovens. De fato, os solos estudados ainda apresentam forte presença de minerais alteráveis na fração areia e silte (Figuras 5 e 6).

Usando os dados de FRX da amostra da rocha (Tabela 7) e baseado na metodologia de Deer et al. (1992), as proporções moleculares dos minerais anortita (An), albita (Ab) e ortoclásio (Or), indicam para cerca 50% anortita (Tabela 8), indicando a presença do anortosito do tipo andesina/labradorita (Figura 4). Utilizando a metodologia Michel-Levi (Kerr, 1959), observaram-se baixos ângulos de extinção entre 30 e 40°, indicando a presença de labradorita e bytownita. Estudando os anortositos no mesmo complexo geológico, Accioly et al. (2011) encontraram o mesmo tipo de anortositos (andesina/labradorita).

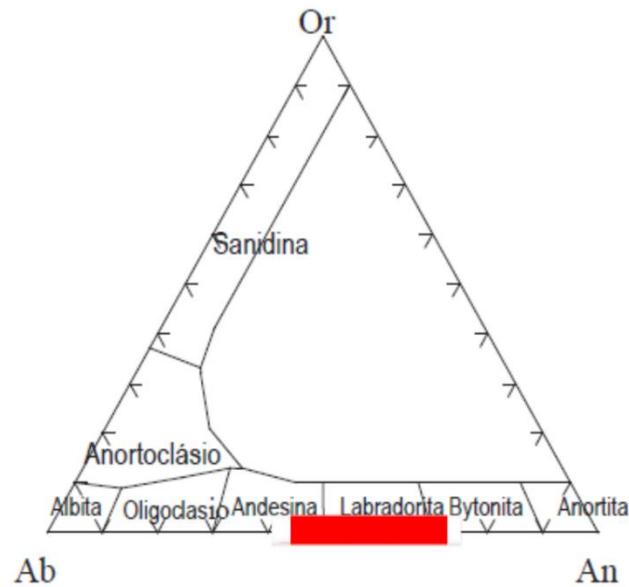


Figura 4. Diagrama de fases ternário dos membros finais An-Ab-Or, An:anortita, Ab: albita e Or: anortoclásio realizadas a partir dos dados FRX dos solos estudados. Adaptado de Accioly et al. (2000)

Mesmos resultados foram encontrados por vários autores estudando anortositos (SARKAR et al., 1981; VINOTH et al., 2013) Os teores em óxidos de $\text{Si} > \text{Al} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$, muito baixos teores de Fe, Ti, sem zircônio detectado. Estudando anortositos na Índia (VINOTH et al., 2013), encontraram resultados muito diferentes em alguns anortositos, principalmente no referente aos Al_2O_3 (2%), Fe_2O_3 (29%), TiO_2 (6,29%), MgO (12,63%), CaO (5,92%) e muitíssimo baixo Na_2O (0,2), essas diferenças estão associadas a presenças de minerais ricos em ferro, magnésio e outros como titânio.

Tabela 7 – Resultados de análises químicas semi-quantitativas de fluorescência de raios –X da TFSA

Horizontes	Prof (cm)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	CIA ¹
% ²											
P1– Cambissolo Háplico											
A	0-10	49,55	29,53	1,91	4,32	0,34	0,99	1,32	0,12	0,57	82
BA	10_33	49,31	31,66	1,94	3,17	0,27	0,75	0,90	0,08	0,46	87
Bi	33-58	51,24	36,96	2,25	1,94	0,24	0,53	0,47	0,04	0,36	93
Bin	58-75	48,42	33,76	1,83	2,69	0,23	0,49	0,86	0,02	0,32	89
Crn1	75-104	50,48	31,64	1,01	7,25	0,17	0,41	2,93	0,02	0,15	75
Crn2	104-140+	45,96	27,36	0,79	7,50	0,14	0,40	3,50	0,03	0,11	71
P2–Cambissolo Háplico											
A	0-10	49,45	29,79	1,75	5,82	0,46	0,38	1,86	0,06	0,32	79
BA	10_22	49,96	31,24	1,78	5,06	0,43	0,29	1,74	0,04	0,27	82
Bi	22-48	50,68	31,56	1,83	4,92	0,48	0,27	1,73	0,02	0,25	82
BCn	48-70	52,22	30,22	1,68	6,18	0,61	0,33	2,35	0,01	0,20	77
Crn1/R	70-90	52,67	29,04	1,30	8,05	0,56	0,35	3,53	0,01	0,14	71
Crn2/R	90-130+	52,53	27,73	1,64	8,49	0,80	0,36	3,70	0,01	0,15	69
R³		52,91	28,26	0,66	10,28	0,17	0,47	5,44	0,01	0,11	-

¹Nesbit e Young (1982); ²% = percentagem na base massa, ou, dag/kg; ³Corresponde ao material rochoso coletado no barranco a cerca de 10 m do local (perfil)

Tabela 8 – Determinação os membros finais An-Ab-Or da rocha anortosítica

Rocha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	%Ox	Pm	Nr de Moles	Nr Cat. Ox	Nr Cat Total	Ox/Cat no Óxido	Nr Ox Total	Fator C(32Ox)	Cát.(32Ox)	Fmolec	Membros finais	Classificação		
FRX			01:02		3x4		5x6	ΣO2	7x8		Grupo	%	Molar	Base An
SiO ₂	52,91	60,08	0,8807	1	0,8807	2	1,7613	11,0778	9,7558	Si	An	50	0,497	Andesina
Al ₂ O ₃	28,26	101,96	0,2772	2	0,5543	1,5	0,8315	11,0778	6,1408	Al	Ab	48	0,476	Anortoclásio
Fe ₂ O ₃	0,66	159,69	0,0041	2	0,0083	1,5	0,0124	11,0778	0,0916	Fe	Or	3	0,027	Feldspato
CaO	10,28	56,08	0,1833	1	0,1833	1	0,1833	11,0778	2,0307	Ca				
MgO	0,17	40,3	0,0042	1	0,0042	1	0,0042	11,0778	0,0467	Mg				
K ₂ O	0,47	94,2	0,0050	2	0,0100	0,5	0,0050	11,0778	0,1105	K				
Na ₂ O	5,44	61,98	0,0878	2	0,1755	0,5	0,0878	11,0778	1,9446	Na				
P ₂ O ₅	0,01	141,94	0,0001	2	0,0001	2,5	0,0004	11,0778	0,0016	P				
TiO ₂	0,11	78,87	0,0014	1	0,0014	2	0,0028	11,0778	0,0155	Ti				
Σ%Óxidos	98,31							ΣO 2,88865						Σ(An,Ab,Or)=1
M=Σ(Si,Al,Mg)	15,943													
T=Σ(Ca, Na,K)	4,086													

Legendas: %Ox: percentagem do óxido na rocha; pm (peso molecular do óxido); Nr Cat. Ox: número de cátions do elemento no óxido, Nr Cat. Total: número de cátions total no óxido, Ox/Cat no Óxido: proporção entre número de oxigénios e cátions no óxido, Nr Ox Total: número de oxigénios total no óxido, Fator C(32Ox): fator de conversão para obter nr de cátions correspondentes ao plagioclásio com 32 oxigénios na sua fórmula estrutural; Σ%Óxidos: somatório da percentagem dos óxidos, ΣO: somatório do nr de oxigénios total (coluna 7); M=Σ(Si,Al,Mg): somatório dos cátions totais que podem ocupar a posição M na fórmula geral T₄M₁₆ e T=Σ(Ca, Na,K) somatório dos cátions totais que podem ocupar a posição T na fórmula geral T₄M₁₆

4.3.3 Extração seletiva de Ferro e Alumínio

As formas cristalinas e amorfas e relações de ferro e alumínio constam na tabela 9. Os teores das formas de ferro extraídas por ditionito (Fed) e ferro extraídas por oxalato (Feo) e de alumínio oxalato (Alo) e Alumínio ditionito (Ad) são baixas nos dois perfis analisados. Os teores de ferro cristalino (Fed) são maiores que as amorfas e de baixa cristalinidade (Feo), o contrário acontece com alumínio.

No P1 o Fed diminui gradativamente em profundidade de 0,37 para 0,01 g.kg⁻¹, do horizonte A para Crn2, respetivamente. No P2 o Fed decresce apenas no solo de 0,36 no horizonte A para 0,18 g.kg⁻¹ no horizonte BCn.

As formas do alumínio Ald seguem padrão contrário do Fed no P1, onde o Ald cresce gradativamente do horizonte superficial para os subsuperficiais BA e Bi, de 0,12 para 0,16 g.kg⁻¹, sendo este último o maior teor no perfil. Isto pode ser atribuído a neoformação e processos cumulativos nos horizontes B, visto que nos mesmos horizontes o índice CIA aumenta do horizonte A para Bi, de 82 para 93% (Tabela 7). Este acúmulo de materiais intemperizados e neoformação pode liberar e acumular o alumínio para o sistema, e por ser predominantemente monossialítico e com drenagem mais intensa, como detectados pela 1:1 detectado pela difratometria de raios-X. e micromorfologia, respetivamente.

No P2 os teores de Ald decrescem com a profundidade, sendo um indicativo de que as formas de Al liberadas para o sistema, participem da neoformação, dadas as condições de drenagem imperfeita, bissialização (minerais 2:1), vistos através da DRX do P2 (anfíbios, esmectitas, micas, vermiculitas, ilitas), e micromorfologia (baixa rede de fraturamento (figura 11 A). Neste perfil índice CIA é baixo e decresce em profundidade, sugerindo baixo intemperismo, ocorrência de minerais 2:1.

As formas de ferro (Feo) são inferiores as formas (Fed) e decrescem em profundidade. No horizonte A do P1 apresenta 0,03 e no BA, 0,02 g.kg⁻¹. Nos restantes horizontes apresenta 0,01 e 0,00 no último horizonte (Crn2). No horizonte A do P2 apresenta 0,02 g.kg⁻¹ e os restantes horizontes apresentam 0,01 g.kg⁻¹. No P1 a relação Feo/Fed que, em geral, diminui em profundidade apenas no solo mostra que o grau de cristalinidade dos óxidos diminui com a profundidade, sugerindo que maiores índices de alteração ocorrem em superfície. No saprolito a relação Feo/Fed, mostra maiores teores de amorfos, não se devendo ao aumento

destes, mas a diminuição do teor dos cristalinos enquanto os amorfos se mantêm constantes, o que pode ser causado pelo baixo índice de alteração.

A relação Feo/Fed do P2 que diminui em profundidade mostra que o grau de cristalinidade dos óxidos diminui com a profundidade, sugerindo que maiores índices de alteração ocorrem em superfície ou de acordo com (SCHWERTMANN ; KÄMPF, 1983) os grupos funcionais da matéria orgânica inibem a cristalização de óxidos de ferro devido à alta afinidade que possuem com sítios superficiais do elemento ferro.

Tabela 9 – Extração sequencial de Fe²⁺ e Al³⁺ DCB, extração Fe²⁺ e Al³⁺ com Oxalato e relações Feo / Fed e Alo/Ald

Horizontes	DCB		Oxalato		Feo/Fed
	Fe	Al	Fe	Al	
-----g kg ⁻¹ -----					
P1– Cambissolo Háplico					
A	0,37	0,12	0,03	0,23	0,07
BA	0,28	0,15	0,02	0,31	0,09
Bi	0,19	0,16	0,01	0,30	0,05
Bin	0,75	0,10	0,01	0,20	0,01
Crn1	0,02	0,08	0,01	0,17	0,32
Crn2	0,01	0,06	0,00	0,13	0,40
P2 – Cambissolo Háplico					
A	0,36	0,11	0,02	0,23	0,05
BA	0,32	0,10	0,01	0,24	0,05
Bi	0,28	0,09	0,01	0,18	0,04
BCn	0,18	0,04	0,01	0,10	0,04
Crn1/R	0,44	0,06	0,01	0,10	0,02
Crn2/R	0,37	0,07	0,01	0,10	0,03

4.4 Mineralogia

A identificação do grupo dos feldspatos (Fd) foi pelos reflexos nos intervalos de distância interplanar entre 0,643 e 0,318 nm, na areia; 0,647 a 0,374 no silte e de 0,658 a 0,549 nm. O quartzo (Qz) foi pelos picos de difração entre 0,426 e 0,334nm. A caulinita (Ct) foram identificadas pelos reflexos entre 0,736 a 0,356 nm, os quais ao se aquecerem as amostras a 550 °C desapareceram. Os anfibólios (Anf), provavelmente horblenda, a mica e vermiculita foram identificadas pelos picos 0,846; 1,006; 1,225 e 1,019 nm, respetivamente. As esmectitas (Es) foram pelo reflexo 1,475; 1,484 -1,577 nm. Este último expandiu para 1,860 nm, identificando a beidelita/nontronita.

4.4.1 Mineralogia da fração areia

A assembleia de minerais na fração areia total é formada predominantemente por feldspatos, com presença de quartzo e talco, além de anfibólios no P2. De acordo com a determinação de membros finais de AnAbOr baseado em Michel-Levi (Kerr, 1959) o material de origem é anortosito andesina/labradorita e bytownita com cerca de 50 a 70% de plagioclásios com cerca de resultados corroborados por Schenado e Formoso (1993) e Accioly et al. (2011). Em volume menor, o quartzo (Qz) neste material se distribui, em ambos horizontes, dos perfis de alteração até aos superficiais.

O Talco está presente nas frações areia dos dois perfis (P1Bi e P2A), podendo ter sido produto de alteração anfibólios (CHURCHMAN; LOWE, 2012). A ocorrência de anfibólios (identificados como horblenda pela análise micromorfológica) e sua alteração são mencionados e identificados em rochas anortosíticas por Schenado e Formoso (1993) e Accioly et al. (2011). Contudo, sua presença em superfície e não em profundidade pode atribuir-se a bioturbação do horizonte BA para A.

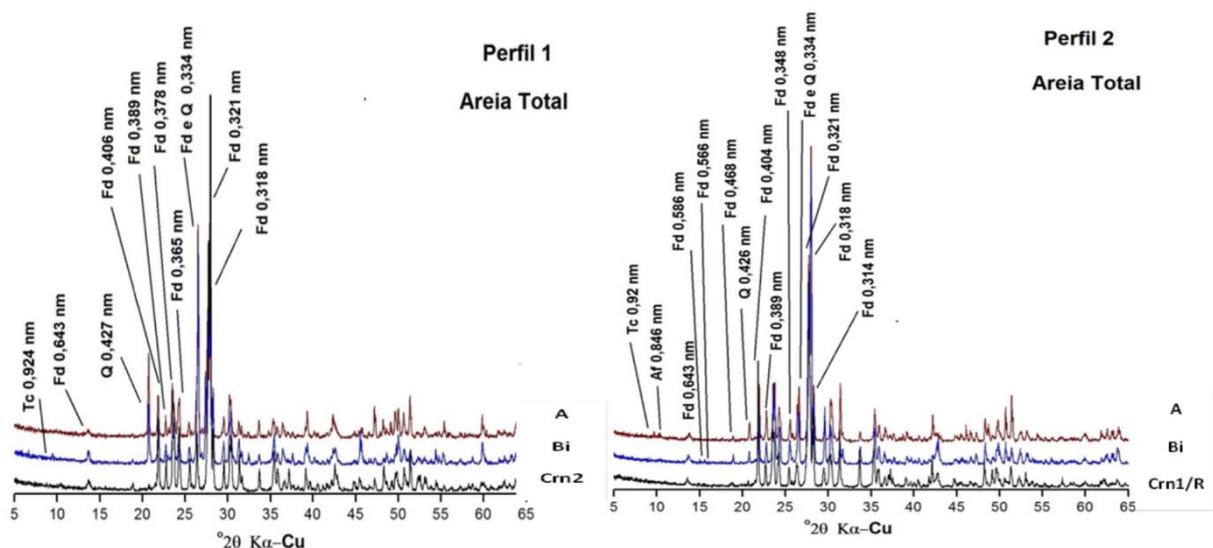


Figura 5 – Difratograma de raios- X da fração areia total Fd (feldspato), Qz (quartzo), Tc (Talco), Af (anfibiólio)

4.4.2 Mineralogia da fração silte

O plagioclásio e o quartzo continuam presente em todos horizontes dos perfis (Figura 6). A vermiculita e mica estão presentes na fração silte do perfil 2, horizonte superficial Crn1/R. A sua ausência no perfil 1 e nos horizontes superficiais do perfil 2, pode ser devido a sua fragilidade ao intemperismo e ter formado as caulinitas presentes na fração argila.

A drenagem interna do perfil 1, a ausência de minerais 2:1, sugere uma monossilização, o contrário do perfil 2. Os perfis estudados encontram-se sob similares fatores de formação de solos, mas diferem bastante faturamento dos seus saprolitos que pode influenciar na drenagem interna o que favoreceria a formação de vermiculita. (TRUFFI; CLEMENTE., 2002) referem que a alteração dos plagioclásios varia de acordo com a situação geográfica da rocha de origem, principalmente clima, relevo, e drenagem interna do perfil onde se encontra o mineral (ver Figuras 10 A e 11A).

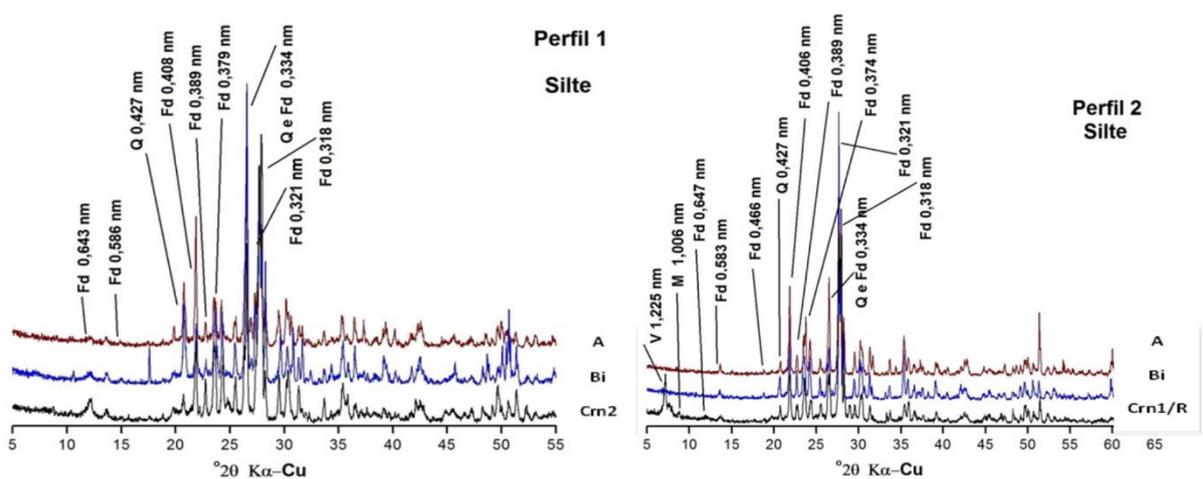


Figura 6 – Difratoograma de raios- X da fração silte do P1 e P2. Fd (feldspato), Qz (quartzo), V (vermiculita), M (Mica)

4.4.3 Mineralogia da fração argila

A caulinita e illita fazem parte da fração argila, sendo que a caulinita ao longo de ambos os perfis estudados, enquanto a esmectita só foi identificada ao longo de P2. Há presença plagioclásios, mas apenas nos horizontes saprolíticos (Figuras 7 e 8). A ocorrência de minerais esmectíticos em P2, claramente indicam que há ainda o predomínio de um processo de bissialitização nesta parte da paisagem, enquanto em P1 é nítido um dominante processo de monossilização.

A presença de plagioclásios na fração argila indica o baixo grau de evolução dos solos e potencial reserva mineral. Análises micromorfológicas indicam plagioclásios em alteração desde o saprolito (ver item 4.5). A drenagem interna dos perfis é indicativo mais favorável para ser o fator controlador da intensidade de intemperização dos perfis, dado que o relevo, declividade, precipitação, vegetação, altitude, drenagem externa e material de origem foram controlados no âmbito da seleção dos perfis.

A micromorfologia do material em alteração revela extrema diferença da densidade da rede fraturas do saprolito (poros tipo fratura) e porosidade no geral entre os perfis (ver figuras 10A e 11A), onde P1 apresenta mais fraturas do que P2. Mesmas feições de fraturamentos rochosos foram identificados em fáceis de alteração de contato lítico de anortositos e regolito e no saprolito por Schenado e Formoso (1993). Eles observaram fáceis de alteração coerentes com sítios preservados e com microfissuras com plasma caulinítico e feições alteritas grossas e finas onde os minerais primários ainda são reconhecíveis e se apresentam instáveis com plasma caulinítico evidenciando monossilização.

A drenagem pode favorecer uma maior dissolução no perfil 1 e gerar produtos cauliníticos a partir da caulinação das biotitas e anfibólios, sem que necessariamente sejam detectadas em DRX formas transitórias (SCHENADO; FORMOSO, 1993).

No perfil 2 as fáceis de alteração observadas por micromorfologia, mostram-se coerentes com microfissuras (menor intensidade), limitando a drenagem interna, aliado ao ambiente alcalino com pH moderadamente neutro (entre 6,6 a 7,1), a presença de presença de Mg^{+2} e Ca^{2+} e baixos teores de K^+ , manutenção das bases e Si e Al no sistema, pode-se favorecer a formação de minerais tanto 2:1 e 1:1.

As caulinitas e esmectitas podem ser principalmente produtos de alteração de plagioclásios e anfibólios, e também da biotita identificados por DRX e micromorfologia. Estudando a alteração de anortositos, mesmos resultados foram encontrados por (SCHENADOS; FORMOSO, 1993) onde os plagioclásios se alteram diretamente para caulinitas e haloisita (caulinita em forma tubular) e em seguida as haloisita para caulinitas. Accioly et al. (2005) se refere a ocorrência de flogopita no CMAP.

Tratando se de solos localizados em região do semiárido, as esmectitas podem formar se em soluções sólidas, a partir da depolimerização das estruturas dos anfibólios e seguida de repolimerização para esmectitas, sendo que a água estrutural da hidratação das esmectitas seja suficiente para desencadear a reação. A montmorilonita pode ser o resultado de alteração anfibólios (CHURCHMAN; LOWE, 2012).

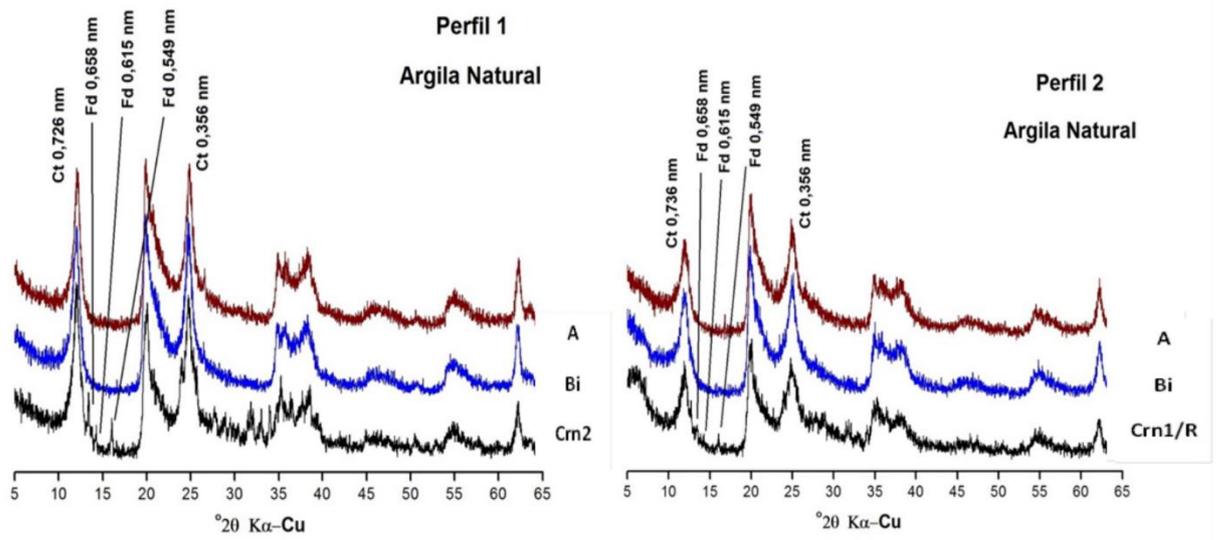


Figura 7 – Difratoograma de raios- X da fração argila natural (pó) do P1 e P2. Fd (feldspato), Ct (caulinita)

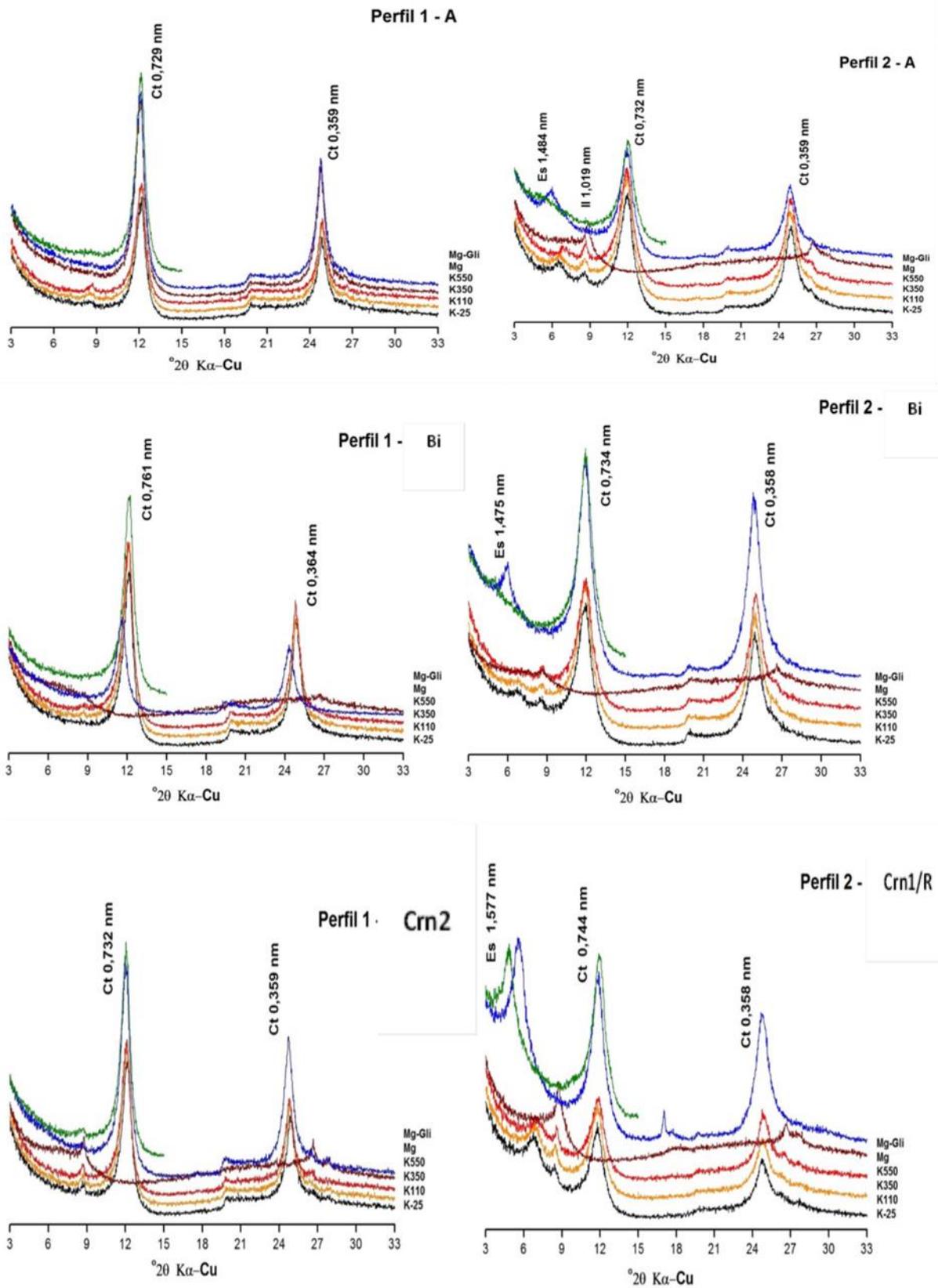


Figura 8 – Difratoograma de raios- X da fração argila orientada, saturada com K e Mg e solvatada com glicerol, tratamentos térmicos K (25,110,350 e 550°C) (P2). Es (Esmectita) e Ct (Caulinta)

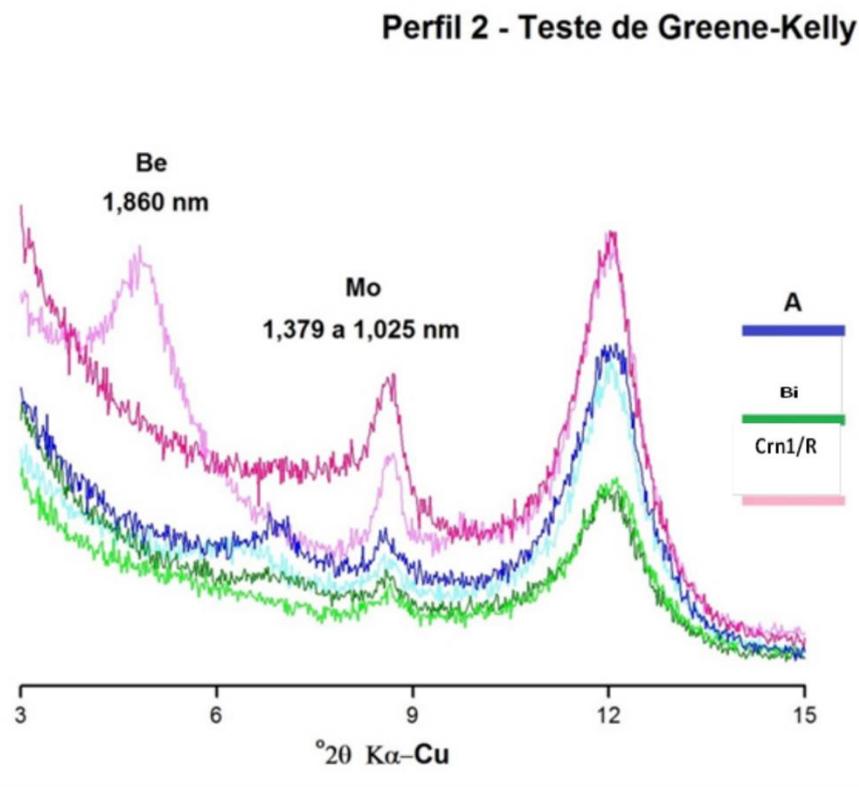


Figura 9 – Difrátogramas de raio X da fração argila (teste Greene-Kelly) do P2. Bt/Nt (beidelite/nontronite), Mt (montmorilonite)

4.5 Análise micromorfológica do solo

As análises no sentido descendente da profundidade dos regolito permitiu entender a evolução intempérica dos solos nos perfis e o entendimento dos processos pedogenéticos.

De forma resumida, em função da profundidade, as feições pedológicas, granulometria e sua evolução, forma, densidade, porosidade, atividade biológica, crescimento do plasma, a composição e alteração mineral (perda de formas ou feições cristalinas, densidade e a perda de tamanho e angulosidade), fábricas birrefringentes sugerem uma pedogênese autóctone, isto é, processo de evolução dos solos *in situ*. O fraturamento apresenta-se como a feição mais marcante e ponto de partida para alteração intempérica, condicionando a partida doutras formas de intemperismo dos minerais, como para bordas regulares, em clivagens e planos preferenciais, contato entre o plasma e sólidos.

Em geral os plagioclásios foram identificados pela geminação do tipo albita. A biotita foi identificada por sua clivagem unidirecional e pleocroísmo intenso que varia de marrom a marrom claro. A horblenda foi identificada pelo aspecto denticulado conferido por sua clivagem (perfeita na direção 001 60 ou 120°), cuja alteração é caracterizada pela

fragmentação em pequenas partes, com perda parcial da clivagem. A hornblenda encontra-se muitas vezes na forma de aglomerado de pequenos fragmentos, dando a ideia de relíquia da alteração de um grão maior (Figuras 10G, 11H). Não foram verificadas feições de alteração de epidoto e talco, apesar de detectados em DRX e micromorfologia, respetivamente. A seguir são descritas as lâminas, de forma comparada os horizontes análogos dos perfis, cujas feições gerais constam nas figuras 10 e 11.

Horizontes P1 Cr2 e P2Crn1/R

O perfil de alteração Crn2 é constituído por material grosseiro (87%), muito pouco material fino (3%) e cerca de 10%; sendo que a mineralogia principal do material grosso dominada por plagioclásio (93%), seguida de quartzo (3%), e depois pela biotita (2%). Ocorrem outros (2%) como epidoto, hornblenda e talco, sendo que a hornblenda com maior densidade.

Os plagioclásios apresentam-se com forte fraturamento com espessuras menores de 1 mm, com grãos angulares e subalongados a esféricos, com alteração complexa, favorecida pela presença de forte fraturamento oblíquo irregular, criando porosidade transmineral. As fraturas conduzem a uma alteração linear irregular que evolui para um padrão cavitário e pelicular. Como produto tem-se a formação de material secundário de cor amarelo pálido, provavelmente caulínítico e sericita, manchada por pequenas pontuações pretas, ambos com aspecto isotrópico. A alteração se mostra em grau moderado, classe 1 segundo (BULLOCK et al., 1985), com menos de 25% de material alterado. Durante a alteração não é observado aumento do volume do grão (alteração isomórfica), mas é facilmente identificada a perda de sua geminação que aparentemente controla o sentido centrípeto da alteração cavitária (padrão concêntrico).

A biotita apresenta alteração linear e paralela segundo os planos de clivagem, e pelicular irregular. A alteração linear promove a abertura de pequenas fissuras intramineral e regulares segundo os planos de clivagem, com consequente expansão do grão alterado (alteração mesomórfica), favorecendo a alteração pelicular. A ação dos dois padrões de alteração resulta em diferentes estágios de alteração (classes 2 a 4). Os produtos são anisotrópicos, manchados por pontuações pretas (óxidos de ferro) e provavelmente vermiculitas e caulinitas.

A hornblenda possui poucas manchas pequenas e vermelhas (óxido de ferro) em

fraturas, que se mostram preferencialmente regulares aos planos de clivagem e poucas transversais, também promovidas pelo fraturamento dos plagioclásios. Sua alteração é complexa composta pelos tipos linear cruzada regular e pelicular regular e incipiente, se classificando pelas classes 1 e 2. O horizonte Crn2, possui plasma mineral amarelo pálido, isótico, límpido e manchado por pontuações pretas de óxidos de Fe presentes nas fraturas e cavidades de alteração, porfírica, com fábricas birrefringentes indiferenciadas.

A microestrutura é apedal, maciça, cujos poros predominantes são fraturas com dimensão (D) inferior a 1 mm. Aquelas que apresentam D entre 0,2 e 1 mm encontram-se com revestimento incompletos de material fino, amarelado, não laminados, com orientação moderada e extinção difusa. Ora é possível observar misturas de grãos de material grosso com material fino, presentes nos revestimentos de fraturas com maior D, sendo esta última a única feição pedológica observada.

No perfil 2 a transição do contato lítico saprolito-solo exibe uma transição abrupta e plana da rocha para saprolito (Figura 11A). Nessa zona ocorrem fendas espessas predominantemente paralelas a superfície do terreno com revestimento de material fino argiloso, com orientação moderada e extinção difusa. Menos fraturado que o Crn2 do perfil 1 (figura 10A). Ocorre a diminuição das proporções dos componentes do material grosseiro (50%), e aumenta do material fino (35%) e dos poros para 15%; Comparado ao P1, o material grosso aumenta os teores de plagioclásio em 3% (93%); baixa o teor de quartzo (3%); aumentam os teores de biotita e hornblenda em 1% (3%) e outros (1%; epidoto, raiz), destacando a presença de raízes neste horizonte e o material pobre a moderadamente selecionado. Destaca-se a alteração nas fissuras intermineral e pelicular irregular, com desprendimento dos grãos (Figura 11 E e F). Posteriormente e em menor expressão, ocorrem a linear irregular em fraturas trans e intermineral. A alteração se mostra em grau moderado, classe 1 segundo (BULLOCK et al., 1985), com menos de 25% de material alterado. No P1 durante a alteração não é observado aumento do volume do grão (alteração isomórfica).

Outras diferenças expressivas ocorrem na alteração das biotitas, identificado por sua clivagem unidirecional e cor marrom (perda quase total do pleocroísmo devido a alteração); e desenvolvimento das fábricas-B, onde se apresentam mais avançadas no P2, sálpica granida, sálpica mosaico, poroestriada, paralelo estriada, granoestriada em grande quantidade. Especula-se que parte das fábricas grano deva-se a alteração pelicular dos plagioclásios. Mais fábrica que o P1.

Destacam-se microestruturas em blocos subangulares de fraca pedalidade, não acomodados. Os poros intraagregados apresentam pequenas cavidades e fissuras; e os interagregados, canais (250 - 700 μm), cavidade (1 mm) e câmaras (1 mm). Ocorrem mais feições pedológicas neste horizonte: preenchimento denso completo de misturas de areia, silte e argila em cavidade esférica (bioporos) em relação ao subjacente e o análogo do P1.

Horizontes P1 Crn1-Bin e P2BCn-Bi

A transição entre os horizontes P1 Crn1-Bin, é plana e abrupta. Nesse contato é possível observar feições texturais de translocação de material fino justaposto a mistura de fino e grosso em grandes fendas paralelas e oblíquas ao topo da lâmina. Os materiais grossos diminuem para (30%), aumentam os materiais finos (62%) e se verifica uma diminuição dos (8%);

O material grosso é composto por 90% de plagioclásio, 5% de quartzo e as biotitas são raras muito alteradas (< 1%), diminui a presença de hornblenda (1%) e outros minerais em relação ao seu horizonte subjacente. Ocorrem 2% de outros minerais, sendo o epidoto, opacos provavelmente magnetita e raras raízes (< 1%). Os grãos são pobremente selecionados, forma angulares a subangulares, esféricos a subalongados, bordos lisos e rugosos.

Os plagioclásios apresentam alteração complexa e diferenciados dos tipos linear irregular, cavitária e, principalmente, pelicular, com redução de seu tamanho (< 1,5 mm). As duas primeiras alterações seguem a rede de fraturamento intra e transmineral. O produto é um material secundário de cor amarelo pálido, provavelmente caulinítico e sericita, ambos com aspecto isotrópico. A alteração se mostra em grau mais avançado que no Crn2 (subjacente), enquadrados nas classes superiores a C3 segundo (BULLOCK et al., 1985), com formação de grande quantidade de material fino. Presença de maior quantidade de fraturas no mineral, com consequente aumento de sua alteração, na zona de transição.

A biotita é de difícil identificação por meio de clivagem unidirecional e pleocroísmo. Encontra-se em estágio quase total de alteração apresentando cutãs de alteração, se classificando com classes 3 e 4, isto é, até cerca de 100% de alteração, que reduz na direção topo - base da lamina (Crn1). Os produtos da alteração da biotita são anisotrópicos, amarelos (mais intenso que o material fino de alteração dos plagioclásios) frequentemente manchados por pontuações pretas (óxidos de ferro) e provavelmente vermiculita/caulinita. Tamanho

médio de 150 μm que aumenta no Crn1. Na biotita predominam as alterações linear regular (paralela ao plano de clivagem) e pelicular irregular. É visível a expansão do grão durante a alteração (mesomórfica).

As hornblendas possuem pequenas pontuações vermelhas em cavidades e preenchimentos de mesma cor em pequenas fraturas. Mostra-se mais fragmentado em pequenas partes e com maior perda aspecto denteado (perfeita na direção 001 60 ou 120°) que o Crn1. Aparentemente menos alterada que as biotitas, sua alteração é complexa composta pelos tipos linear cruzada regular e pelicular regular, de classe 1 e 2.

O material fino é mineral, de cor amarela pálida, isótico, límpido com distribuição porfírica. Ocorrem fábricas-B salpicada granida, salpicada mosaico e granoestriada, visível principalmente nos maiores grãos (areia grossa/cascalho), não observadas no horizonte subjacente. Essa última decorre possivelmente da alteração pelicular dos plagioclásios (cutãs de alteração).

A microestrutura é prismática, de fraca pedalidade, parcialmente acomodados. Poros aumentam de tamanho, sendo que interagregados são do tipo fraturas (150 μm) e câmaras (< 700 μm). Os poros intraagregados do tipo cavidades (400 μm) e vesículas (100 μm), sem feições pedológicas observadas.

A transição análoga entre horizontes no perfil 2, BCn-Bi, apresenta-se com muita similaridade ao horizonte P1 Crn1-Bin. Possuem teores percentuais dos componentes similares. Distinguem-se por apresentar material moderadamente selecionado (consequência da textura de granulação fina do Anortosito), subangulares a subarredondados, esféricos e subalongados, bordos lisos e rugosos. Apresentam perda da angulosidade devido a alteração pelicular.

Predomina alteração complexa de plagioclásio com predomínio dos tipos linear irregular em fissuras/fraturas inter e transmineral e, principalmente, pelicular irregular, com redução de seu tamanho (< 1,7 mm) para valores médios menores que o perfil 1. A alteração se mostra em grau mais avançado que no horizonte subjacente e similar ao P2, enquadrados nas classes C2 e C3, segundo (BULLOCK et al.,1985), com formação de grande quantidade de material fino.

A hornblenda mostra-se muito fragmentada com perda do aspecto denteado conferido por sua clivagem (perfeita na direção 001 60/120 graus), e de menor tamanho em relação aos horizontes subjacentes e observados no perfil 1. A alteração complexa composta

pelos tipos linear cruzada regular e pelicular regular e evolui para classe 2, relativamente ao horizonte sobrejacente e do perfil 1. A biotita apresenta se totalmente alterada (classe 4), mais do que observado no horizonte subjacente e no P1 e praticamente não é observada, sendo apenas identificados poucos grãos muito alterados, com material fino de cor amarelo mais intenso que a matriz adjacente.

As fábricas-B salpicada granida, salpicada, mosaico, granoestriada. Essa última decorre, em parte, da alteração pelicular dos plagioclásios. Ocorrem fábricas poroestriada em fissuras, o que não ocorre no subjacente e no perfil 1.

Os poros continuam aumentando de tamanho à medida que diminui a profundidade de tamanho e começam aparecer poros integrados (comunicáveis), com fissuras (< 700 μm) e câmaras (< 2,5 mm). Poros intraagregados: predominam cavidades irregulares (< 600 μm), em menor proporção fissuras e raros canais biológicos (360 μm).

Diferentemente do P1 (Crn1-Bin) foram observadas feições pedológicas do tipo excrementos recentes (bem preservados), esféricos e com cor brunada, presentes em cavidades esféricas (bioporos), apesar de raros. Contudo, em relação ao seu horizonte subjacente não ocorrem preenchimentos em fraturas.

Horizontes P1 Bi-BA e P2 Bi – BA

No perfil 1 a proporção dos componentes grosseiros diminui a medida que diminui a profundidade do perfil (20%), aumenta o volume de finos (65 %) e dos poros (15%);

No material grosso os plagioclásios (90%), quartzo (6%) e hornblenda (1 %), outros minerais, sendo epidoto e opacos provavelmente magnetita; biotita (2%); e raras raízes (< 1%). A biotita praticamente não é observada, sendo apenas identificados dois grãos muito alterados. O material é pobremente selecionado, subangulares a subarredondados, esféricos e subalongados, bordos lisos e rugosos. Os grãos perdem a angulosidade devido a alteração pelicular que é mais presente.

Os plagioclásios apresentam a mesma alteração que no horizonte subjacente, complexa predominando os tipos linear irregular, cavitária e, principalmente a pelicular, com redução de seu tamanho (< 1,7 mm), com valores médios menores que Bin. As duas primeiras alterações seguem a rede de fraturamento intra e transmineral. O produto é um material secundário de cor amarelo pálido, provavelmente caulínítico e sericita, ambos com aspecto

isotrópico. A alteração se mostra em grau mais avançado que nos horizontes abaixo e do saprolito, enquadrados nas classes superiores a C3 segundo (Bullock et al., 1985), com formação de grande quantidade de material fino.

A hornblenda mostra-se muito fragmentada com perda do aspecto denteado conferido por sua clivagem (perfeita na direção 001 60/120 graus), com menor tamanho em relação aos horizontes subjacentes. A alteração, de classe 2, é complexa dos tipos linear cruzada regular e pelicular regular.

As biotitas apresentam-se praticamente em alteração total, classe 4. O material fino é mineral de cor amarela pálida, isótico, límpido, com distribuição porfírica. As fábricas birrefringentes são as salpicada granida e salpicada mosaico. Pouco granoestriada principalmente nos maiores grãos (areia grossa/cascalho). Essa última decorre possivelmente da alteração pelicular dos plagioclásios. A totalidade da alteração dos plagioclásios (classe 4) pode resultar na formação de fábricas-b uniestrial (cutãs de alteração).

A microestrutura apresenta-se em blocos subangulares e, em menor proporção, granular, ambas de fraca pedalidade. Não acomodados. Poros interagregados: canais (90-750 μm) e câmaras (650 μm). Poros intraagregados: predominam cavidades irregulares (600 μm) e em menor proporção estão as fissuras.

Ocorrem feições pedológicas do tipo excrementos bem a moderadamente preservados, esféricos e com cores semelhantes à matriz adjacente, presentes em cavidades esféricas e alongadas (bioporos), não observadas no horizonte subjacente.

No perfil 2, transição entre os horizontes BA-Bi, a proporção dos componentes os materiais grossos ocupam 30%, os finos 60 % e os poros 10%;. No material grosso os plagioclásios ocupam 93%, quartzo 3%; hornblenda e epidoto 1 %, outros minerais opacos provavelmente magnetita (1%); e raras raízes (2%). A hornblenda encontra-se mais alterada no perfil 2 que no perfil 1 e mais alterada nesta transição em relação às subjacentes no perfil com alteração de classe 3 (o mais alto nos dois perfis). A biotita apresenta-se totalmente alterada, classe 4. A microestrutura é prismática de fraca pedalidade e parcialmente acomodados. Os poros interagregados: fissuras (< 150 μm) e câmaras (< 600 μm). Poros intraagregados: predominam cavidades irregulares (< 1 mm), em menor proporção fissuras.

Ocorrem feições pedológicas do tipo excrementos recente (bem preservados) e antigos, esféricos e com cor brunada, presentes em cavidades esféricas (bioporos), raros.

Horizontes A-BA de P1 e A-BA de P2

Nesta transição a proporção dos componentes, mostra a menor teor dos materiais grosseiros (25%); ligeira redução em 3% de finos (57 %), dando espaço aos poros (18 %) que aumentam em 3% em relação a transição subjacente. Os materiais grossos permanecem sobre maior presença de plagioclásios (90%), quartzo (5%), hornblenda e biotita (3 %) e outros minerais epidoto, opacos provavelmente magnetita (1%); e raras raízes (< 1%), havendo aumento de biotita e hornblenda em quantidade que o horizonte subjacente BA devido provavelmente devido a bioturbação. Os grãos são pobremente selecionados, subarredondados, esféricos e subalongados, bordos lisos e rugosos, perda da angulosidade devido a alteração pelicular.

Os plagioclásios para além da comum alteração complexa linear irregular, apresenta nesta transição a do tipo cavitária, como consequência da alteração centrífuga e digitada de parte das bordas das fraturas trans e intramineral e, principalmente a pelicular, com redução de seu tamanho (< 1,7 mm), com valores médios menores que BA, Bin e Crn1. As duas primeiras alterações seguem a rede de fraturamento intra e transmineral. O produto é um material secundário de cor amarelo pálido, provavelmente caulínítico e sericita (ilita), ambos com aspecto isotrópico. A alteração se mostra em grau mais avançado que no Crn1, enquadrados nas classes superiores a C3 segundo (BULLOCK et al., 1985), com formação de grande quantidade de material fino.

A hornblenda mostra-se muito fragmentada com perda do aspecto denteado conferido por sua clivagem (perfeita na direção 001 60/120 graus), em alteração de classe 2, com menor tamanho em relação aos horizontes subjacentes. Sua alteração é complexa composta pelos tipos linear cruzada regular e pelicular regular. Encontra-se material associado a poros biológicos (bioturbação). A biotita se encontra em estado de alteração total de classe 4.

O material fino é mineral, cor amarela brunada pálida, isótico, límpido, com distribuição relativa porfírica. As fábricas-birrefringentes são salpicadas granida e salpicada mosaico. Pouco granoestriada principalmente nos maiores grãos (areia grossa/cascalho). Essa última decorre possivelmente da alteração pelicular dos plagioclásios.

A microestrutura permanece em blocos subangulares, fraca pedalidade, parcialmente

acomodados. Aumentam os tamanhos dos poros, sendo os interagregados em forma de canais, (90-1900 μm) diferentes para com outros do horizonte. As cavidades (< 3,5 mm) e câmaras (850 μm). Quanto aos poros intraagregados predominam cavidades irregulares (< 600 μm), câmaras (< 600 μm) e fissuras.

Ocasionalmente ocorrem feições pedológicas do tipo excrementos bem a moderadamente preservados, esféricos e com cores semelhantes à matriz adjacente, presentes em cavidades esféricas e alongadas (bioporos). Diferentemente dos outros horizontes ocorrem nódulo de ferro vermelho escuro (LT), e vermelho e amarelos (LI), de moderada opacidade e grau de impregnação, com bordas lisas, sem quartzo, raros.

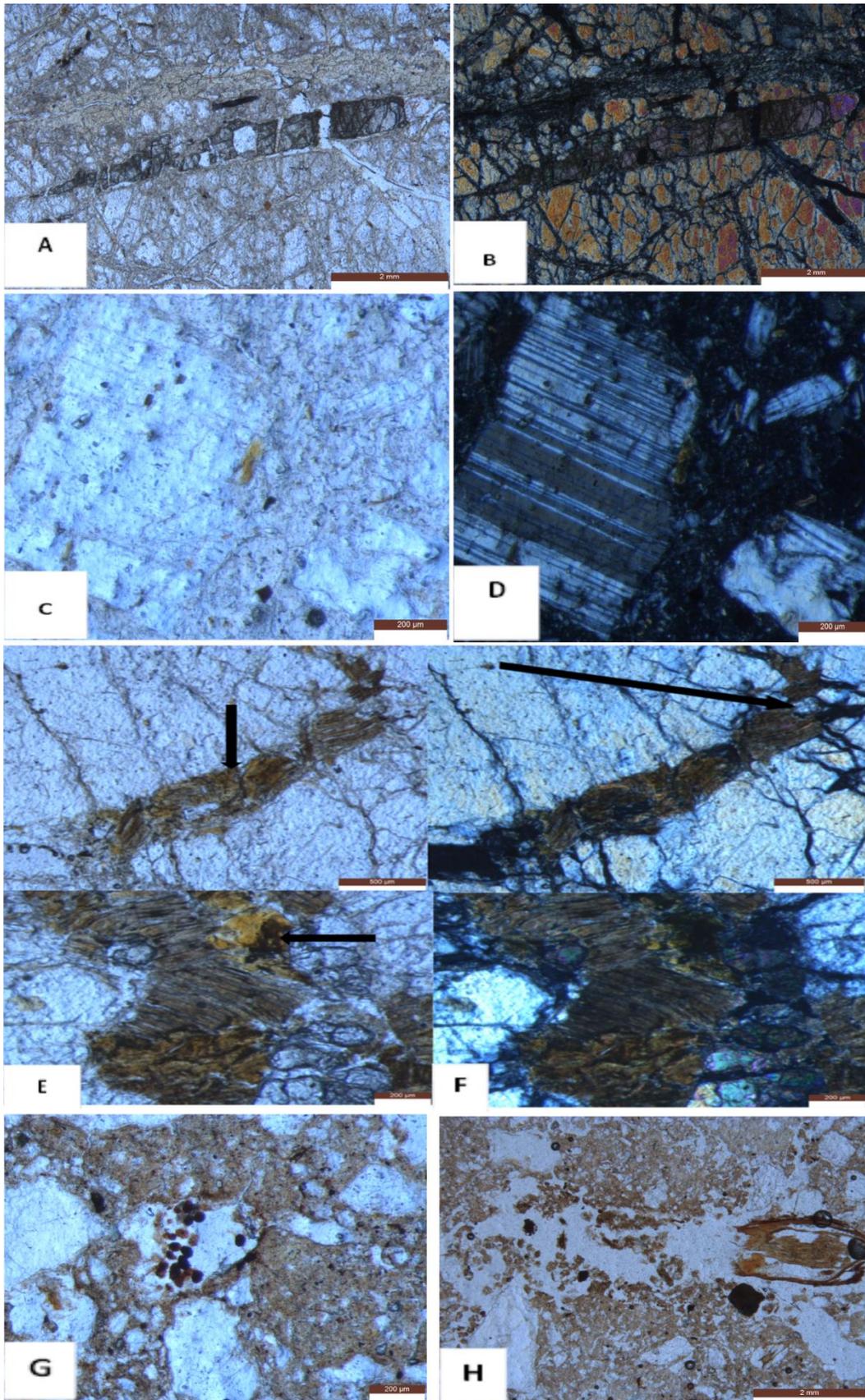


Figura 10 – A (ppl) e B (xpl) alterações do plagioclásio em fraturas, preenchimentos, horblenda fraturada pelos plagioclásios; C (ppl) e D (xpl) plagioclásio alterado, E (ppl) e F (xpl) plagioclásio fraturando biotita e alteração da biotita. G (ppl) e H (xpl) evolução do plasma, excrementos e raízes. Perfil 1

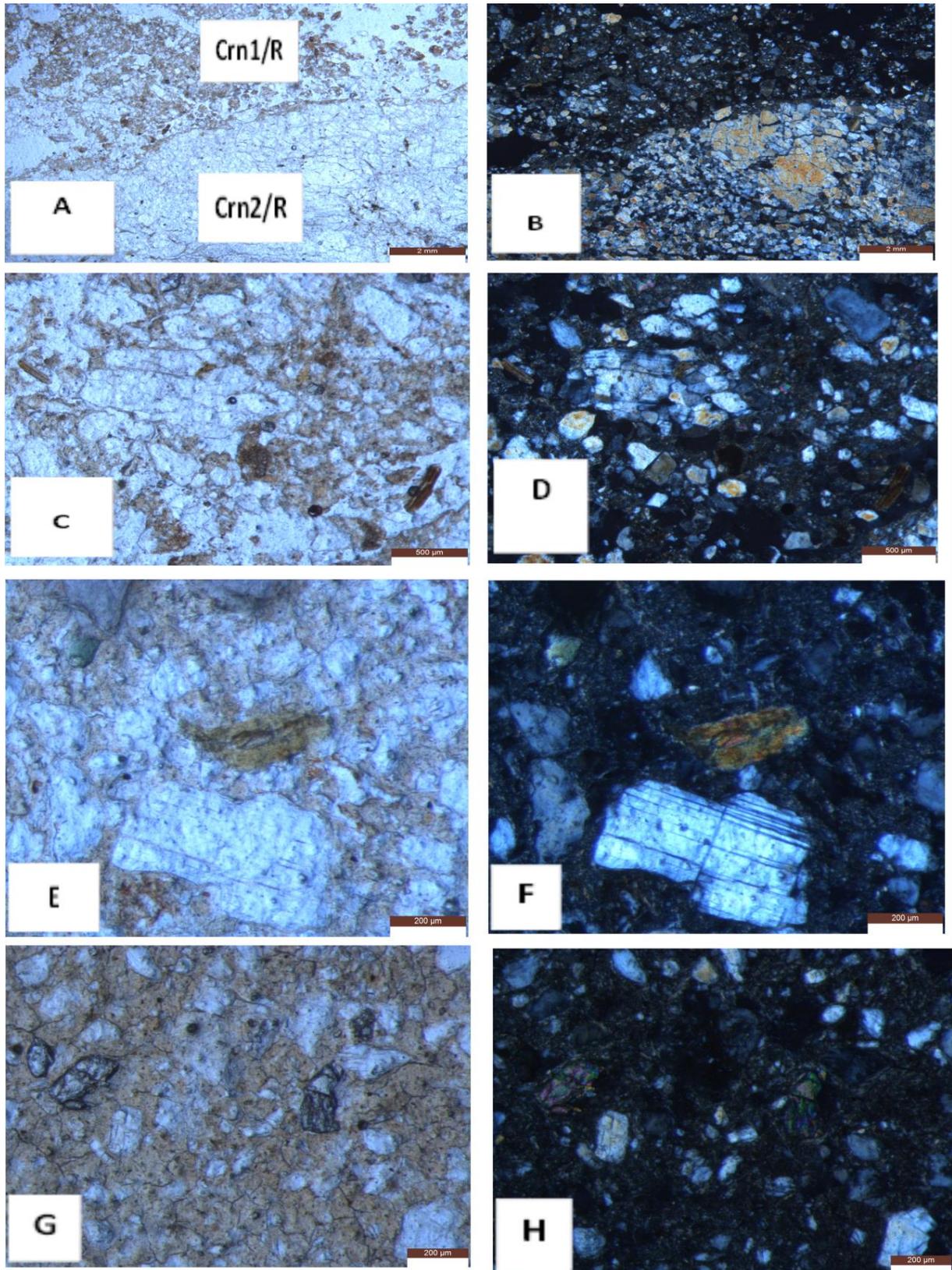


Figura 11 – A (ppl) e B (xpl) transição de Crn2/R para Crn1/R. variação dos componentes entre horizontes, evolução do plasma, redução de tamanhos; C (ppl) e D (xpl) alterações do plagioclásio em planos preferenciais e desprendimento em grãos (alteração mesomórfica), E(ppl) e F (xpl) plagioclásio e biotita em alteração. G (ppl) e H (xpl) alteração de anfibólios e evolução do plasma do perfil 2

4.6 Classificação taxonômica dos solos

Ambos os solos não apresentaram gradiente textural que foi fosse atribuído a um horizonte B textural, também não apresentaram nenhum outro tipo de horizonte B diagnóstico, a exceção de um horizonte B incipiente. Assim, ambos foram classificados no 1º nível categórico do como CAMBISSOLOS. Por não ter nenhum atributo diagnóstico em alta hierarquia, foram classificados como CAMBISSOLOS HÁPLICOS. Os solos apresentaram baixa atividade de argila, a despeito da presença de esmectita em P2, e alta saturação por base, além disto ambos apresentaram saturação por sódio $> 6\%$ e $< 15\%$, caracterizando o caráter solódicos. Em sugestão ao aprimoramento do SiBCS e por considerar importante o papel do saprolito nas funções ecossistêmicas dos solos, sugere-se o caráter saprolítico, estabelecendo assim a seguinte classificação taxonômica para os perfis P1 e P2: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico saprolítico solódico (SiBCS, 2013).

5 CONCLUSÕES

Os solos são autóctones e os saprolitos anortosíticos são os materiais de origem;

Os saprolitos controlam a intensidade da alteração através das suas redes de fraturamentos que influenciam na drenagem interna dos perfis, onde perfil 1 com maior fraturamento no saprolito predomina a monossialização e o perfil 2, com menor fraturamento predomina a bissialização;

Os solos desenvolvidos de anortositos apresentam uma assembleia mineralógica primária dominada por plagioclásios, biotita e horblenda que alteram para uma assembleia mineralógica secundária predominantemente de caulinitas e ilitas quando a drenagem for eficiente e, em drenagem restrita para caulinitas, ilitas e esmectitas;

Os solos apresentam uma importante reserva mineral, formadas por expressiva presença de feldspatos, além de anfibólios e talco nas frações silte e areia;

Numa abordagem edáfica, ocorre um importante desbalanço entre os cátions básicos, especialmente pela alta relação Ca:K.

REFERÊNCIAS

- AARTHY, R. S.; VIJAYAN, S.; SANJEEVI, S.; KRISHNAMURTHY, J. **Pure and mixed spectra of anorthosite, gabbro and dunite of Salem and Namakkal Districts of Southern India**. The solar system bodies: from optics to geology. 2008.
- ACCIOLY, A.C.A.; MCREATH, I.; GUIMARÃES, I.; SANTOS, E.J.; VANNUCCI, S. R. A. C.; SANTOS, C. A. The Passira Anorthositic Complex and associated granites: Na exmpe of the anogric magmatism (Calymmian/Statherian) Event in the Eastern Borborema Province, NE Brazil. **XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica**. III Simpósio de Geoquímica de países do Mercosul. Gramado, Rio Grande Sul-Brasil. 2011.
- ACCIOLY, A.C.A.; MCREATH, I.; GUIMARÃES, I.; SANTOS, E.J.; VANNUCCI SANTOS, R. A. C.; SANTOS, C. A.; ZANETTI, A.; BOTTAZI, P.; ALMEIDA, C. N. Ree signatures in pyroxenes from estatherian passira meta-anorthositic complex, ne Brazil: futher evidences for massif type origin. **Estudos Geológicos**, São Paulo, v. 15, 139-152, 2005.
- ARAÚJO-FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. S. B.; MARQUES, F. A.; LOPES, H. L. SOLOS. IN: TORRES, F. S. M.; PFALTZGRAF, P. A. S. **Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. In: (Ed.). Solos. Recife, CPRM, p. 109-138. 2014.
- ARAÚJO, I.O.; SOUZA, A. G.; DOS SANTOS, I. M. G.; DO NASCIMENTO M. R. **Caracterização Química de Caulins de Junco do Seridó-PB**. São Paulo, Cerâmica Industrial, v. 17, n. 2, p. 36-38, 2012.
- ASHWAL, L.D. **Anorthosites: Series on Minerals and Rocks**. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg. 1993.
- BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. **Diagnóstico do Município da Passira- Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento de Águas Subterrâneas de Pernambuco**. Recife. 2005.
- BÉTARD FRANÇOIS. Spatial variations of soil weathering processes in a tropical mountain environment: The Baturité massif and its piedmont (Ceará, NE Brazil). Université Paris-Diderot, Sorbonne Paris Cité, Laboratoire, Paris, doi:10.1016/j.Catena.2012.01.013. 2012.
- 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.; FEDEROFF, N.; JONGERIUS, A. **Handbook for soil thin section description**. Albrington, United Kingdom: Waine Research, 1985.
- CHURCHMAN, G. J.; WHISTTON, J. S.; CLARIDGE, G. G. C.; THENG, B. K. G. Intercalation method using formamide for differentiating halloysite from kaolinite. The Clay Minerals Society. **Clays and Clay Minerals**, Chantilly, Virgínia, EUA, v. 32, n. 4, 241-248, 1984.

CHURCHMAN, G.J.; LOWE, D.J. Alteration, formation, and occurrence of minerals in soils. In: Huang, P.M.; Li, Y; Sumner, M.E. (editors) **Handbook of Soil Sciences. 2nd edition. Vol. 1: Properties and Processes**". CRC Press (Taylor & Francis), Boca Raton, FL, p. 20.1-20.72, 2012.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A., CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R. Megamorfologia e Morfoestrutura do planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.31, n. 1/2, p. 35-52, 2010.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; CURI, N.; PEREIRA T. C. T. Caracterização química, física, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 297-313, 2008.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **An introduction to the rock-forming minerals**. 2ed, Longman Scientific & Technical, New York, Wiley, p. 696, 1992. Downloaded from GeoScienceWorld with access from at 191.240.177.197 on Jan 13, 2017, 11:00 PM. (c). Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 2013.

DROOP, G.T.R. **A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses using stoichiometric criteria**. Mineralogical Magazine, New York, Wiley, 51, 431-435. 1987. Downloaded from GeoScienceWorld with. (c) 2013 Mineralogical Society of Great Britain and Ireland. Access from at 191.240.177.197 on Jan 13, 2017, 11:06 PM, 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. Ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, 1997, 212p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009, 627p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª edição. Brasília, DF, 2013, 353p.

FANTE-JUNIOR, L.; OLIVEIRA, J. C. M.; BASSOI, L. H.; VAZ, C. M. P.; MACEDO, A.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT, K.; CAVALCANTA, A. C.; SILVA, F. H. B. B. Tomografia computadorizada na avaliação de um solo do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 26, p. 835-842, 2002.

FERREIRA, R. V.; DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. Geodiversidade de Pernambuco. In: **4. Origens das Paisagens**. CPRM, Recife, p. 51, 2014.

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

GEE, G.W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C., eds. **Methods of soil analysis**. Physical methods. Soil Science Society of America, Madison, part 4, p. 255-293, 2002.

GHOSE, N. C.; CHATTERJEE, N.; MUKHERJEE, D.; KENT, R. W.; SAUNDERS, A. D. Mineralogy and Geochemistry of the Bengal Anorthosite Massif in the Chotanagpur Gneissic Complex at the Eastern Indian Shield Margin. **Journal Geological Society Of India**, Patna, v. 72, p.263-277, 2008. doi: 0016-7622/2008-72-2-263

GODOY, A. M.; MANZANO, J. C.; ARAÚJO, L. M. B.; DE GODOY, L. P. Magmatismo da Serra da Alegria, Grupo Amonguijá, Maciço do Rio Apa Sudoeste do Estado do Mato grosso do Sul. **Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 558-578, 2014.

GRAHAM, R.C; HERBERT, B.E.; ERVIN, J.O. Mineralogy and Incipient Pedogenesis of Entisols in Anorthosite Terrane of the San Gabriel Mountains, California. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v., 52, p. 738-746, 1988.

GREENE-KELLY, R. The identification of montmorillonitoids in clays. **European Journal of Soil Science**, New York, v. 4, n. 2, p. 233-237, 1953.

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

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

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

KERR, P.F. **Optical Mineralogy**. Mcgraw-Hill Book Co. 3^a. Ed.,New York. p. 442, 1959.

LANGE, R. A.; FREY, H. M.; HECTOR, J. A thermodynamic model for the plagioclase-liquid hygrometer/thermometer. **American Mineralogist**, Virgínia, v. 94, p. 494-506, 2009.

LIMA, J. A.; DEFELIPO, B.V.; NOVAIS, R.F.; THIÉBAUT, J. T. L. Efeito das relações Ca/Mg e (Ca+Mg)/K na correção da acidez de dois latossolos e na produção de matéria seca do tomateiro (*Lycopersicum esculentum*, Mill) cv 'Kada'. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 18, p. 103-115, 1981.

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, 1966.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: SWINEFORD, A., Ed., **Clay and clay minerals** proceeding conference. Elmsdorf, New York, Pergamon Press, p. 317-342, 1960.

MELO, V.; DE F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, Viçosa, Parte I, p. 69-102, 2009.

MOORE, D. M.; REYNOLDS, R. C. **X-ray diffraction and identification and analysis of clayminerais**. Oxford University Press, Oxford, p. 332, 1989.

MOREIRA, E.G.S.; DEMATTÊ, J.L.I.; MARCONI, A. Caracterização e gênese de solonetz solodizado do sertão central e do médio Jaguaribe - Estado do Ceará. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, v. 46, n. 2, p. 319-341, 1989.

MURPHY, C.P. **Thin section preparation of soils and sediments**. Berkhamsted: Academic Publis. p. 145, 1986.

NESBITT, H. W.; YOUNG, G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major elements chemistry of lutites. **Nature**, London, v. 299, p. 715–717, 1982.

LIMA NETO, J. A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; SOUZA-JÚNIOR, V.S.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LIMA, J. F. W. F. Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos dos horizontes coesos de Latossolos e Argissolos dos Tabuleiros costeiros do Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 473-486, 2010.

NOVAES FILHO, J. P.; COUTO, E. G.; RODRIGUES, L. C. M.; CHIG, L. A.; JOHNSON, M. S. Indicativos de descontinuidade litológica de regolitos derivados de granitos em uma microbacia sob floresta Amazônica, em Juruena – MT. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 317-324, 2012.

OLIVEIRA, F.A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H.A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Science Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001.

OLIVEIRA, F.S.; VARAJÃO, A. F. D. C.; VARAJÃO, C.A.C.; BOULANGÉ, B.; GOMES, N. S. Bauxitisation of anorthosites from Central Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 167-168, p. 319–327, 2011.

PEDRON, F. DE A.; FINK, J. R. M.; RODRIGUES, F.; AZEVEDO, A. C. Neossolos e saprolito derivados de arenito. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1253-1262, 2011.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J. E.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, 2010.

PHILIPP, R. P.; FORMOSO, M. L. L.; DOSSIN, I; CHEMALE JUNIOR, F.; CAMPOS, R. S. Estruturas primárias e tectônicas do Anortosito Capivarita, Pântano Grande (RS): significado e implicações na sua evolução petrológica. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 99-110, 2010.

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**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 6. ed., p. 100, 2013.

SARKAR, AMITABHA BHANUMATHI L.; BALASUBRAHMANYAN, M. N. Petrology, geochemistry and geochronology of the Chika Lake igneous complex, Orissa state, India. **Lithos**, Oslo, ISSN 0024-4937, p. 93-111, 1981.

SCHENADO, F.; FORMOSO M. L. L. Aspectos Mineralógicos e Geoquímicos de Alteração de Anortosito Capivarita. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 1-17, 1993.

SCHWERTMANN, U.; KÄMPF, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, p. 251-255, 1983.

SILVA, J.T.A. da; BORGES, A.L.; MALBURG, J.L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, p. 21-36, 1999.

SILVA, M. S. L. DA.; SANTOS, M. C. DOS, EGON, K.; ALMEIDA, B. G. **Gênese do adensamento subsuperficial em solos de Tabuleiro do Semiárido do Nordeste de Brasil: micromorfologia**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, Embrapa Solos, Recife, 221, ISSN 1678-0892, 2012.

SILVA, Y. J. A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; STRAATEN, P. V; BIONDI, C. M; SOUZA- JÚNIOR, V. S. DE. Effect of I- and S-type granite parent material mineralogy and geochemistry on soil fertility: A multivariate statistical and Gis-based approach. **Catena**, Cremlingen, v. 149, p. 64-72, 2017.

SILVA, Y. J. A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M.; STRAATEN, P. V.; SOUZA-JÚNIOR, V. S. DE; FERREIRA, T. O.O. Weathering rates and carbon storage along a climosequence of soils developed from contrasting granites in northeast Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 284, p. 1-12, 2016.

STRECKEISEN, A. L.; LE BAS, M. J. The IUGS systematics of igneous rocks. **Journal of the Geological Society**, London, v. 148, p. 825-833, 1976. doi:10.1144/gsjgs.148.5.0825

TAYLOR, K.; GRAHAM, R.; ERVIN, O.J. Laumontite in Soils of the San Gabriel Mountains, California. Division S-9 Soil Mineralogy. **Soil Science Society of América Journal**, Madison, v. 54, p. 1483-1489, 1990.

TRUFFI, S. A.; CLEMENTE, C. A. Alteração de plagioclásio dos riodacitos da Formação Serra (JKsg) da Região de piraju – SP. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 383-388, 2002.

United States Department of Agriculture. **Soil survey manual**. Soil Survey Division Staff, Washington, Soil Conservation Service, In: Handbook, vol. 180, p. 325, 1993.

VINOTH, K. M.; KUMAR, R.S.; RAJAPRIAN, K.; SINGH, K. Petrography and Major Geochemical Studies of Anorthosite, Kadavur and Adjoining Area, Tamilnadu, India. **International Research Journal of Earth Sciences. International Science Congress Association**, Tamilnadu, ISSN 2321–2527, v. 1, n. 5, p. 15-22, 2013.

WAKEFIELD, K.; CATLOS, E.J.; JANARDHAN, A.S.; SIVASUBRAMANIAN, P.; DUBEY, C.S. **Electron Microprobe Analysis of the Oddanchatram Anorthosite, Southern India: A Lunar Analog**. Pergamon Press, Sikkim, India, 2012.

WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. IUSS WORKING GROUP **World Soil Resources Reports No. 106.**, FAO. Rome. 67-68. (2014 update 2015). 2015.

YOEMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Annual, New York, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

APÊNDICE A-Descrição dos perfis

A - DESCRIÇÃO GERAL

Perfil 1 – P1

Data – 29/03/2016

Classificação SiBCS – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico saprolítico solódico, textura argilosa (feldspática), A moderado, atividade da fração argila moderadamente baixa, hipoférrico, fase caatinga hipoxerófica, relevo suave ondulado, substrato anortositos.

Localização Estrada que faz a ligação entre Gravatá e Passira. Partindo da BR 232, entra a direita na altura do quilômetro xxx (povoado ???) e segue cerca de xxx m. Município de Passira-PE, GPS, 08° 00' 13,5" S e 35° 30' 30,9" W.

Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil – Topo plano de encosta suave, vegetação secundária de caatinga hipoxerófila.

Altitude – 204 m.

Formação geológica – Complexo Metanortosítico de Passira –CMAP.

Litologia - . Metanortositos

Cronologia – Mesoproterozóico/Paleoproterozóico Tardio.

Material originário – produto de alteração de anortositos.

Pedregosidade - Não pedregosa.

Rochosidade - Não rochosa.

Relevo local - Suave ondulado.

Relevo regional – Suave ondulado e ondulado.

Erosão - Não aparente.

Drenagem – Moderadamente drenado a bem drenado.

Vegetação primária - Caatinga hipoxerófila.

Uso atual – Área em pousio com vegetação secundária.

Clima - Bs'h da *classificação* de Köppen.

Descrito e coletado por - Valdomiro Severino de Souza Júnior, José Coelho de Araújo Filho e Agostinho Cardoso Hlavanguane.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0–10 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno-acinzentado- escuro (10YR 5/2, seca); francoargilosa; fraca a moderada pequena e média granular e blocos subangulares; friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

BA – 10–33 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmida) e bruno (10YR 5/3, seca); argila; fraca a moderada, pequena e média prismática composta de blocos angulares e subangulares; muito dura a extremamente dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bi – 33–58 cm; bruno (10YR 5/3, úmida) e bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, seca); argila; fraca a moderada, pequena e média prismática composta de blocos angulares e subangulares; muito dura a extremamente dura; friável, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bin–58–75 cm; bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmida), e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seca); argila; fraca a moderada, pequena e média prismática composta de blocos angulares e subangulares,, muito dura a extremamente dura, friável, muito plástica e pegajosa; transição abrupta e plana.

Crn1– 75–104 cm; rocha branda com coloração clara; franco- argiloarenosa; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e irregular.

Crn2 – 104–140 cm+; rocha branda com coloração clara; francoarenosa; ligeiramente plástica e não pegajosa.

OBSERVAÇÕES :

1. O horizonte A se encontrava úmido (por isso não tem informação da consistência seca);
2. O Crn1 apresenta variações de cores: 10YR 6/3; 2,5Y 8/2 e 5Y2,5/1; O Cr2 varia de 2,5Y 8/2, 10 YR6/3 e 5Y2,5/1. A cor escura é apenas acima (A), mais ligeiramente fértil e ligeiramente úmido;
3. O solo fendilha de cima para baixo;
4. Presença de raízes distribuídas ao longo do perfil;
5. Pontuações de minerais primários alteráveis ao longo perfil;
6. Crn1 e Crn2 são materiais de origem.

7. Fragmentos de quartzo e minerais primários (alteráveis) ao longo do perfil.

Perfil 2 – P2

Data – 29/03/2016

Classificação SiBCS - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico saprolítico solódico, textura argilosa/média-argilosa (feldspática), A moderado, atividade da fração argila moderadamente baixa a média, hipoférrico, fase caatinga hipoxerófica, relevo suave ondulado, substrato anortositos,

Localização - Estrada que faz a ligação entre Gravatá e Passira. Lado direito desta estrada, xxx quilômetros da BR 232. Município de Passira-PE, GPS, 08° 01' 53,4" S e 35° 30' 14,9" W.

Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil – Topo plano de suave ondulação (convexa) 3-8%), vegetação secundária (jurema, velame, espinheiro) da caatinga hipoxerófila.

Altitude – 199 m.

Formação geológica – Complexo Metanortosítico de Passira -CMAP

Litologia - . Metanortositos

Cronologia – Mesoproterozóico/Paleoproterozóico Tardio

Material originário – Produto de alteração de anortositos

Pedregosidade - Não pedregosa.

Rochosidade - Não rochosa.

Relevo local - Suave ondulado.

Relevo regional – ondulado

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Moderadamente drenado.

Vegetação primária - Caatinga hipoxerófila.

Uso atual – Área em pousio com vegetação secundária.

Clima - Bs'h da *classificação* de Köppen.

Descrito e coletado por - Valdomiro Severino de Souza Júnior, José Coelho de Araújo Filho e Agostinho Cardoso Hlavanguane.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0–10 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); francoargilosa; fraca e moderada pequena e média granular e blocos subangulares; friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

BA – 10–22 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmida) e bruno (10YR 5/3, seca); argila; fraca e moderada, pequena e média prismática, composta de blocos angulares e subangular; muito dura a extremamente dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bi – 22–48 cm; bruno (7,5YR 4/3, úmida) e bruno (7,5YR 5/3, seca); argila; moderada, m média e grande prismática composta de blocos angulares e subangulares; extremamente dura, friável a firme, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BCn–48–70 cm; bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmida) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seca); franco-argiloarenosa; fraca e moderada, média e grande prismática composta de blocos angulares e subangulares; extremamente dura; muito plástica e pegajosa; transição abrupta e ondulada.

Crn1/R– 70–90 cm; com transição difusa e plana.

Crn2/R – 90–130 cm+;

1. Nenhuma entrada de sumário foi encontrada. A coleta foi no dia 20/03/2016 faltaram coletar as amostras das Kubienas, rochas para densidade e as amostras para fertilidade;
2. Cor: Crn1/R predomínio de rochas esbranquiçadas relativamente resistentes ao corte com faca, contendo pequenas porções de material brunado transformando-se em solo, presença de pontuações escuras contidas no material branco (minerais máficos). Crn2/R idem a Crn1/R, com aumento na presença de minerais escuros (ferromagnesianos) e material branco ligeiramente mais escurecido do que Crn1.
3. Ao longo do perfil há presença de minerais “ferromagnéticos” testados pela atração do imã);
4. Consistência: Crn1/R material extremamente duro com parte com material que se corta com a faca; Crn2/R idem, e com mais proporção de material extremamente duro;
5. Crn1/R e Crn2/R apresenta efervescência com H₂O₂ (no material escuro=pontos escuros);

Fragmentos de quartzo e minerais primários (alteráveis) ao longo do perfil.

Apêndice B- Atributos físicos e químicos dos solos analisados

Atributos físicos químicos do perfil 1

Símbolo	Prof.	Frações da amostra total			Granulometria da TFSA						Argila dispersa em H ₂ O	Grau de floculação	Silte			Densidade		Porosidade Total
		Calhaus	Casc	TFSA	Areia			Argila	Argila	AF			solo	partícula				
		>20mm	20-2mm	<2mm	Grossa	Fina	Total			AG					VU	g cm ⁻³	%	
cm	g kg ⁻¹			g kg ⁻¹						%			g cm ⁻³	%				
P1- Cambissolo Háplico																		
A	0-10	3	40	957	180	206	387	238	375	339	10	0,6	1,14	0,1	1,56	2,60	40	
BA	10_33	0	23	977	137	162	298	165	536	392	27	0,3	1,19	0,4	1,52	2,71	44	
Bi	33-58	0	21	979	95	109	204	235	561	457	19	0,4	1,15	0,3	1,55	2,66	42	
Bin	58-75	0	25	975	147	145	292	205	504	383	24	0,4	0,99	1,7	1,67	2,71	38	
Crn1	75-104	0	18	982	364	242	607	167	226	202	11	0,7	0,66	0,3	1,71	2,72	37	
Crn2	104-140+	0	43	957	463	252	714	136	149	88	41	0,9	0,54	-	2,08	2,80	26	

Horiz.	Prof.	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	PST	P	COT	T
cm					cmol _c kg ⁻¹						...	%	.....	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
P1- Cambissolo Háplico																		
A	0-10	6,9	5,8	-1,1	5,03	1,09	0,55	0,17	6,83	0,05	1,46	8,29	82,4	0,8	2,0	0,36	19,40	22
BA	10_33	6,1	4,9	-1,2	3,76	0,94	0,07	0,37	5,14	0,18	1,82	6,95	73,8	3,4	5,3	0,39	11,56	13
Bi	33-58	6,3	4,9	-1,4	3,78	0,79	0,05	0,28	4,90	0,20	1,94	6,84	71,7	3,9	4,1	0,38	9,57	12
Bin	58-75	6,3	4,5	-1,8	3,01	0,75	0,04	0,36	4,15	0,29	1,40	5,55	74,8	6,6	6,5	0,34	6,56	11
Crn1	75-104	6,6	4,8	-1,8	1,48	0,35	0,03	0,27	2,13	0,13	1,02	3,15	67,7	5,6	8,6	0,33	5,90	14
Crn2	104-140+	6,4	4,9	-1,5	1,05	0,22	0,03	0,22	1,51	0,16	0,92	2,43	62,1	9,8	9,2	0,33	4,96	16

Atributos físicos e químicos do Perfil 2

—Horizontes—		Frações da amostra total			Granulometria da TFSA						Silte		Densidade		Porosidade Total		
Símbolo	Prof.	Calhaus	Casc	TFSA	Areia			Silte	Argila	ADA	GF	Argila	AF	solo	partícula		
	cm	>20mm	20-2mm	<2mm	Grossa	Fina	Total	g kg ⁻¹			%		AG	g cm ⁻³		%	
P2– Cambissolo Háplico																	
A	0-10	0	2	998	103	292	395	260	345	288	17	0,8	2,85	0,0	1,59	2,61	39
BA	10_22	3	2	995	91	252	343	232	425	359	16	0,5	2,76	0,1	1,64	2,62	37
Bi	22-48	0	5	995	92	252	345	205	450	409	9	0,5	2,74	1,4	1,75	2,64	34
BCn	48-70	0	3	997	230	355	585	140	275	213	23	0,5	1,54	0,6	1,62	2,71	40
Crn1/R	70-90	81	45	874	330	387	717	103	180	140	22	0,6	1,17	0,3	2,37	2,64	10
Crn2/R	90-130+	136	445	419	363	401	764	60	176	116	34	0,3	1,10	-	2,44	2,74	11

Horiz.	Prof.	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	PST	P	COT	T
	Cm	..... cmol _c kg ⁻¹ % mg kg ⁻¹ g kg ⁻¹																
P2 – Cambissolo Háplico																		
A	0-10	6,7	5,4	-1,3	4,09	1,18	0,33	0,20	5,79	0,07	1,81	7,60	76,1	1,2	2,6	0,36	17,47	22
BA	10_22	6,6	5,3	-1,3	4,00	0,84	0,08	0,26	5,17	0,20	1,48	6,65	77,7	3,7	3,8	0,34	10,23	16
Bi	22-48	6,9	5,1	-1,8	4,71	1,09	0,08	0,32	6,20	0,18	1,23	7,42	83,5	2,8	4,2	0,34	6,31	16
BCn	48-70	6,9	4,7	-2,2	4,19	0,84	0,06	0,35	5,43	0,14	0,17	5,60	96,9	2,4	6,2	0,33	1,93	20
Crn1/R	70-90	7,1	4,9	-2,2	3,30	0,64	0,04	0,31	4,29	0,15	0,08	4,38	98,1	3,5	7,1	0,35	2,37	24
Crn2/R	90-130+	7,0	4,4	-2,6	3,07	0,78	0,04	0,36	4,25	0,12	0,00	4,25	100	2,8	8,4	0,33	2,58	24

APÊNDICE C - Fracionamento da fração areia segundo USDA

Horizontes	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	
Prof (cm)	g/kg							%							
P1–Cambissolo- Háplico															
A	0-10	392	24	57	83	108	102	238	39	2	6	8	11	10	24
BA	10_33	298	21	43	70	85	78	165	30	2	4	7	9	8	17
Bi	33-58	204	18	31	46	59	50	235	20	2	3	5	6	5	23
Bin	58-75	248	21	46	76	80	65	205	25	2	5	8	8	6	20
Crn1	75-104	603	61	112	189	122	102	167	60	6	11	19	12	10	17
Crn2	104-140+	705	63	143	211	135	115	136	70	6	14	21	14	11	14
P2–Cambissolo- Háplico															
A	0-10	394	5	21	71	152	142	260	39	0	2	7	15	14	26
BA	10_22	340	3	19	63	136	118	232	34	0	2	6	14	12	23
Bi	22-48	345	3	19	65	142	114	205	34	0	2	7	14	11	21
BCn	48-70	569	8	32	160	230	122	140	57	1	3	16	23	12	14
Crn1/R	70-90	714	42	76	197	282	116	103	71	4	8	20	28	12	10
Crn2/R	90-130+	759	36	73	235	291	121	60	76	4	7	23	29	12	6

APÊNDICE D- Características micromorfológicas dos solos

Horizontes/transições					
P1-CAMBISSOLO Háplico					
Feições Observadas	A-BA (06-17 cm)	BA-Bi (28-39 cm)	Bin-Crn1 (67-76 cm)	Crn2 (102-113 cm)	Rocha
Fundo matricial	MG:25%; MF : 57 %; Poros: 18 %;	MG : 20%; MF : 65 %; Poros : 15%;	MG : 30%; MF : 62%; Poros : 8%;	MG : 87%; MF : 3%; Poros : 10%;	ausente
Material grosso	plg (90%); Qz (5%); Hln e Bi (3 %), outros minerais (1%) raras raízes (< 1%). Pobremente selecionado, subarredondados, esféricos e subalongados, bordos lisos e rugosos	Plg (90%); Qz (6%); Hln (1 %), outros minerais (2%) raízes (< 1%).Pobremente selecionado, subangulares a subarredondados, esféricos e subalongados, bordos lisos e rugosos.	plg (90%); Qz (5%); s Bi (< 1%), Hln (1%), outros minerais (2%), raízes (< 1%). Pobremente selecionado, forma angulares a subangulares, esféricos a subalongados, bordos lisos e rugosos.	plg (90%); Qz (6%); Bi (2%) e outros (2%; ep, Hln; talco), com forte fraturamento com espessuras menores de 1 mm. Angulares e subalongados a esféricos.	ausente
Material fino	mineral, cor amarela brunada pálida, isotico, límpido.	mineral, cor amarela pálida, isotico, límpido.	mineral, cor amarela pálida, isotico, límpido.	mineral, cor amarela pálida, límpido e manchado por pontuações pretas (óxidos de Fe). Presentes nas fraturas e cavidades de alteração. Predomínio de fraturas com dimensão (D) inferior a 1 mm. Aqueles que apresentam D entre 0,2 e 1 mm encontram-se com revestimento incompletos de material fino, amarelado, não laminados, orientação moderada e extinção difusa. Misturas de grãos de material grosso com material fino, presentes nos revestimentos de fraturas com maior D.	ausente
Poros interagregados	Canais (90-1900 mm), cavidade (< 3,5 mm) e câmaras (850 mm).	Canais (90-750 mm) e câmaras (650 mm).	fraturas (150 mm) e câmaras (< 700 mm)		ausente

Poros intragregados	Predominam cavidades irregulares (< 600 mm), camaras (< 600 mm) e fissuras.	Predominam cavidades irregulares (600 mm) e em menor proporção fissuras	cavidades (400 mm) e vesículas (100 mm).		ausente
Microestrutura	Blocos subangulares, fraca pedalidade. parcialmente acomodados.	blocos subangulares e, em menor proporção, granular, ambas de fraca pedalidade. Não acomodados. .	prismática, fraca pedalidade, parcialmente acomodados.	apedal, maciça.	ausente
Distribuição relativa	porfírica.	porfírica.	Porfírica	porfírica.	ausente
Fábricas -B	Salpicada granida e salpicada mosaico. Pouco granoestriada principalmente nos maiores grãos (areia grossa/cascalho). Essa última decorre possivelmente da alteração pelicular dos plgs	salpicada granida e salpicada mosaico. Pouco granoestriada principalmente nos maiores grãos (areia grossa/cascalho). fábricas-b uniestrial (cutans de alteração).	salpicada granida, salpicada mosaico e granoestriada, (cutans de alteração).	indiferenciada.	ausente
Feições pedológicas	Excrementos bem a moderadamente preservados, esféricos e com cores semelhantes à matriz adjacente, presentes em cavidades esféricas e alongadas (bioporos).	Excrementos bem a moderadamente preservados, esféricos e com cores semelhantes à matriz adjacente, presentes em cavidades esféricas e alongadas (bioporos).	Ausente	Ausente	ausente
Material orgânico básico		raízes e excrementos	Ausente	Ausente	ausente
Classe de alteração					
Plagioclásio	3 e 4	3 e 4	3	1	
Biotita	4	4	3 e 4	2 e 4	
Horblenda	2	2	1 e 2	1 e 2	

P2-CAMBISSOLO Háplico					
Feições Observadas	A-BA(04-15 cm)	BA-Bi(19-30 cm)	Bi-BCn (47-58 cm)	Crn1/R (89-100 cm)	Rocha
Fundo matricial		MG : 30%; MF : 60 %; Poros : 10%;	MG : 30%; MF : 60 %; Poros : 10%;	MG : 50%; MF : 35%; Poros : 15%;	
Material grosso		Plg (93%); Qz (3%); Hln e ep (1 %), outros minerais (1%; opacos provavelmente magnetita) e raras raízes (2%). Moderadamente selecionado, subangulares a subarredondados, esféricos e subalongados, bordos lisos e rugosos.	Plg (94%); Qtz (3%); Hln e ep (1 %), outros minerais e Bi (1%)e raras raízes (< 1%). Moderadamente selecionado a subangulares a subarredondados, esféricos e subalongados, bordos lisos e rugosos.	Plg (93%); Qz (3%); Bi e Hln (3%) e outros (1%; ep, raiz); subangulares a subarredondado e subalongados a esféricos. Pobre a moderadamente selecionado.	
Material fino		Mineral, cor amarela pálida, isotico, límpido.	Mineral, cor amarela pálida, isotico, límpido.	mineral, cor amarela pálida, isotico, límpido.	
Poros intergregados		Fissuras (< 150 mm) e câmaras (< 600 mm).	Fissuras (< 700 mm) e câmaras (< 2,5 mm).	Canais (250 - 700 mm) , cavidade (1 mm) e camaras (1 mm).	
Poros intragregados		Predominam cavidades irregulares (< 1 mm), em menor proporção fissuras.	predominam cavidades irregulares (< 600 mm), em menor proporção fissuras e raros canais biológicos (360 mm)	pequenas cavidades e fissuras;	
Microestrutura		prismática de fraca pedalidade. Parcialmente acomodados.	prismática de fraca pedalidade. Parcialmente acomodados.	blocos subangulares de fraca pedalidade, não acomodados.	
Distribuição relativa		porfírica.	Porfírica	Porfírica	

Fábricas -B	salpicada granida, salpicada mosaico, granoestriada. Essa última decorre, em parte, da alteração pelicular dos plgs. Ocorre poroestriada em fissuras (foto).	salpicada granida, salpicada mosaico, granoestriada. Essa última decorre, em parte, da alteração pelicular dos plgs. Ocorre poroestriada em fissuras	salpica granida, salpica mosaico, poroestriada, paralelo estriada, granoestriada em grande quantidade. Especula-se que parte das fabricas grano deva-se a alteração pelicular dos plgs.
Feições pedológicas	Excrementos recente (bem preservados) e antigos, esféricos e com cor brunada, presentes em cavidades esféricas (bioporos), raros.	Excrementos recentes (bem preservados), esféricos e com cor brunada, presentes em cavidades esféricas (bioporos), raros (apenas 1)	Feições Pedológicas: Prenchimento denso completo de misturas de areia, silte e argila em cavidade esferica (bioporos).
Material básico		Ausente	ausente
Classe de alteração			
Plagioclásio	3	2	1
Biotita	4 (total alteração)	4	2 e 3
Horblenda	3	2	1 e 2