

STEPHANY ALVES BRILHANTE

**GÊNESE E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS DESENVOLVIDOS
DE RIOLITO EM AMBIENTE DE MATA ATLÂNTICA,
PERNAMBUCO, BRASIL.**

RECIFE – PERNAMBUCO - BRASIL
2014

STEPHANY ALVES BRILHANTE

**GÊNESE E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS DESENVOLVIDOS
DE RIOLITO EM AMBIENTE DE MATA ATLÂNTICA,
PERNAMBUCO, 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 grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior
Co-orientadores: Prof. Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho
Prof. Dr. Marcelo Metri Corrêa

RECIFE – PERNAMBUCO - BRASIL
2014

Ficha Catalográfica

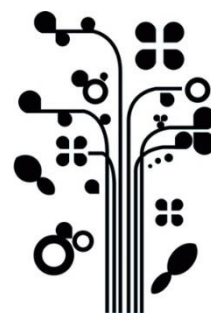
B857g Brilhante, Stephany Alves
 Gênese e Caracterização de solos desenvolvidos de riolito em
 ambiente de Mata Atlântica, Pernambuco, Brasil./ Stephany Alves
 Brilhante. – Recife, 2014.
 100 f. il.

 Orientador: Valdomiro Severino de Souza Júnior.
 Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade
 Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife,
 2014.
 Inclui referências e apêndice.

CDD 631.4

1. Solo
2. Pedogênese
3. Halosita
4. Formação Ipojuca
5. Bacia Pernambuco
6. Índice de intemperismo
7. Bacia Cabo
 - I. Souza Júnior, Valdomiro Severino de, orientador
 - II. Título

Folha de Assinatura



"Mas na profissão, além de amar tem de saber.
E o saber leva tempo para crescer"
Rubem Alves

"Tudo posso naquele que me fortalece"
Filipenses 4:13

A minha **Mãe**, Carmen Lúcia Maria Pereira, pelo apoio,
companheirismo e imenso amor a mim dedicados em
todos os momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS pelo seu amor e bondade em minha vida, e pela força para transformar um sonho em realidade.

A minha mãe, pessoa mais importante da minha vida, meu pai, Risaldo Alves Brilhante, e irmãos R. Júnior e João Victor, por tudo.

Ao meu esposo, Luiz Gustavo Batista da Silva e família, pelo apoio, confiança e amor a mim dedicados sempre.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade e acolhida no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, contribuindo para a minha formação profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, em especial aos Professores: Mateus Rosas Ribeiro (in memoriam), Clístenes, Betânea, Brivaldo, Mario Lira e Mateus Filho.

Ao meu orientador, Prof. Valdomiro Severino de Souza Jr., pelos ensinamentos, atenção, confiança e exemplo de profissional.

A PNPd Regilene Angélica Alves (Regi) pelos ensinamentos, cumplicidade e amizade.

Aos funcionários José Fernando W. F. Lima (Zeca), Camilo Sidrak, Josué Camilo de Melo e Maria do Socorro de Santana, pelos serviços prestados e amizade.

Aos meus grandes amigos Valquíria do Nascimento Tavares, Suzana K. G. de Mendonça, Patrícia Karla, Edivan Uchoa, Danillo Barbosa de Moura (UFG) e Wildson de Moraes Silva, pela amizade e companheirismo.

As minhas primas-irmãs Isabela e Bettuse Pereira de Fraga, e minha sobrinha Maria Eduarda, pela confiança e sincero amor a mim dedicados.

Aos estagiários de laboratório de Mineralogia do Solo: Laércio Santos, Markus Machel e Marilya Gabryella.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
2.1. Localização e caracterização da região de estudo.....	9
2.2. Seleção de perfis, coleta e preparo das amostras de solos.	11
2.3. Análises físicas.....	12
2.4. Superfície específica	12
2.5. Análises químicas	13
2.6. Análises químicas para fins de mineralogia	14
2.7. Análises mineralógicas.....	15
2.8. Índices de intemperismo	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1. Atributos morfológicos.....	19
3.2. Atributos físicos	26
3.3 Atributos químicos.....	32
3.4. Análise Mineralógica	41
3.5. Avaliação do Intemperismo	58
3.6. Classificação dos solos.....	62
4. CONCLUSÃO	64
5. REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE 1	78

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapas com a localização da área de estudo, Sirinhaém –PE
- Figura 2.** Situação dos perfis na topossequência,.
- Figura 3.** Distribuição e classificação dos horizontes do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (P1), de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém –PE
- Figura 4.** Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abruptico (P2), de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE..
- Figura 5.** Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (P3), de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.
- Figura 6.** Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico úmbrico (P4), de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.
- Figura 7.** DRX do riolito da Formação Ipojuca, Serinhaém –PE.
- Figura 8.** DRX da fração silte dos perfis P1, P3 e P4.
- Figura 9.** DRX da fração argila dos horizontes A, Bt1 e Cr do perfil 1 (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico).
- Figura 10.** DRX da fração argila dos horizontes Ap, Bi2 e C do perfil 3 (CAMBISSOLO Háplico Tb Distrófico típico).
- Figura 11.** DRX da fração argila dos horizontes Ap, Bt e Cr do perfil 4 (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico).
- Figura 12.** DRX do concentrado de óxidos, na fração argila dos perfis P1, P3 e P4, de uma topossequência de riolito na formação Ipojuca, Sirinhaém - PE.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Coordenadas geográficas e altitude dos perfis de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.
- Tabela 2.** Atributos morfológicos dos perfis P1 e P2 de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE..
- Tabela 3.** Atributos físicos dos perfis de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.
- Tabela 4.** Atributos químicos dos perfis de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém-PE.
- Tabela 5.** Teores de Fe_2O_3 – extraídos por DCB e OAA, e suas respectivas relações; quantificação de caulinita e gibbsita na fração argila; valor da área superficial específica da argila e índice de intemperismo CIA nos horizontes dos perfis de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém-PE.
- Tabela 6.** Teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 – extraídos por digestão sulfúrica, e valores de k_i e k_r nos horizontes: superficial, diagnóstico e inferior, dos perfis de uma topossequência de riolito na formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.
- Tabela 7.** Composição das frações areia grossa e areia fina dos horizontes superficial, diagnóstico e inferior, dos perfis de uma topossequência de riolito na formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.

GÊNESE E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS DESENVOLVIDOS DE RIOLITO EM AMBIENTE DE MATA ATLÂNTICA, PERNAMBUCO, BRASIL.

RESUMO

A Bacia Pernambuco, uma unidade geológica costeira de origem vulcano-sedimentar, está situada na borda leste da margem continental atlântica brasileira. A Formação Ipojuca é a principal unidade litoestratigráfica magmática desta bacia, onde ocorrem basaltos, traquitos, riolitos, ignimbritos e uma intrusão granítica. O riolito é uma rocha ígnea ácida, constituída por plagioclásios, quartzo e feldspato alcalino, principalmente. Parte da região da Bacia Pernambuco está em área originalmente de Mata Atlântica, caracterizada por elevadas pluviosidade e temperatura. Diante das particularidades do clima e litologia acima expostos, o presente trabalho objetivou estudar a pedogênese e as suas implicações nas propriedades dos solos formados da alteração de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém-PE. Foram coletados quatro perfis formando uma topossequência. Para tanto, foram realizadas análises físicas e químicas de rotinas para fins de classificação, extração de Si, Fe e Al por ataque sulfúrico e análises mineralógicas por DRX e TG. Ainda foram realizadas extrações seletivas de Fe e Al com uso de DCB, e oxalato ácido de amônio; determinação da superfície específica da argila, aplicação do índice de intemperismo CIA. As caracterizações morfológica, física, química e mineralógica dos quatro perfis ao longo da topossequência apontam para a existência de solos semelhantes nas diferentes posições da vertente e com alto grau de desenvolvimento pedogenético, sendo de pouco a muito profundos e com sequência geral de horizontes A-B-Cr-R. Os quatro solos são argilosos, com elevados teores de silte e apresentam drenagem moderada a boa. Todos os solos possuem baixos teores de matéria orgânica e bases trocáveis, além de elevada acidez. Mineralogicamente apresentam predominância de quartzo nas frações areia e silte, e de caulinita na fração argila, identificando haloisita em no perfil localizado no terço inferior da vertente. De fato a baixa disponibilidade bases, diante das condições locais propiciariam a formação de solos oxídicos, no entanto às condições de drenagem mais lenta favorecem o processo de monossilização em todos os perfis. A posição do perfil 4 no relevo (terço inferior da encosta), influência na drenagem e colabora para ocorrência de haloisita, no horizonte C/Cr. Os resultados permitem concluir que o material de origem (riolito) e a atual condição de drenagem, associados às condições climáticas, são fatores condicionantes para o desenvolvimento das características atuais dos solos e as pequenas variações ao longo da vertente não promovem ampla diferenciação dos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos.

Palavras-chave: Pedogênese, Formação Ipojuca, Bacia Pernambuco, Bacia Cabo, Haloisita, Índice de intemperismo.

GENESIS AND CHARACTERIZATION OF SOILS DEVELOPED OF RHYOLITE ON ENVIRONMENT ATLANTIC FOREST, PERNAMBUCO, BRAZIL.

ABSTRACT

The Pernambuco Basin, a geological unit coast of volcano-sedimentary origin, is situated on the eastern edge of the continental margin Brazilian Atlantic. The Ipojuca Formation is the main magmatic lithostratigraphic unit of the basin, where basalts, trachytes, rhyolites, ignimbrites and a granitic intrusion occur. The rhyolite is an acid igneous rock, composed of plagioclase, quartz and alkali feldspar, mainly. Part of the Basin Pernambuco is originally from Atlantic Forest area, characterized by high rainfall and temperature. Given the peculiarities of climate and lithology above, the present study investigated of pedogenesis and its implications on the properties of soils formed from alteration of rhyolite Ipojuca Formation, Sirinhaém-PE. Four profiles were collected forming a topossequence. For so much, physical and chemical analysis routines, were made for classification purposes, extraction of Si, Al and Fe by sulfuric acid digestion and mineralogical analysis by XRD and TG were performed. Also selective extractions of Fe and Al using DCB, and acid ammonium oxalate were performed; determination of the specific surface of the clay, the application index weathering CIA. The Morphologic, physics, chemistry and mineralogy of the four profiles along the topossequence point to the existence of similar soils in different slope positions with a high degree of pedogenic development, being of to very deep, and general sequence of horizons A-B-Cr-R. The four soils are in the clay fraction, containing large amounts of silt and have moderate of good drainage. All soils have low organic matter content and exchangeable bases, and high acidity. Mineralogically have predominance of quartz in sand and silt fractions, and of kaolinite clay, halloysite in identifying the profile located in the lower third of the slope. In fact the low availability bases, on local conditions would favor the formation of oxidic soils, however the conditions of slower drainage favor the process of monossilization in all profiles. The profile position 4 in relief (lower third of the slope), influence on drainage and contributes to the occurrence of halloysite in C/Cr horizon. The results show that the source material (rhyolite) and the current condition of drainage associated with climate conditions are determining factors for the development of the current characteristics of the soils and the small variations along the slope do not promote large differentiation of morphological, physical, chemical and mineralogical attributes.

Keywords: Pedogenesis, Ipojuca Formation, Pernambuco Basin, Cabo Basin, halloysite, weathering index.

GÊNESE E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS DESENVOLVIDOS DE RIOLITO EM AMBIENTE DE MATA ATLÂNTICA, PERNAMBUCO, BRASIL.

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Pernambuco localizada na região Nordeste do Brasil, está situada na borda leste da margem continental atlântica brasileira, abrangendo o estado de Pernambuco. Também denominada de Bacia Cabo, está limitada geologicamente ao sul pelo Alto de Maragogi, a oeste pelo Maciço Pernambuco-Alagoas (terrenos cristalinos) e a norte pela Zona de Cisalhamento Pernambuco (Nóbrega & Lima Filho, 2003). Essa bacia inclui uma sequência vulcano-sedimentar do Cretáceo, e pode ser dividida em duas regiões: o rifte interno que ocupa uma estreita faixa ao longo do litoral do Nordeste, com extensão aproximada de 100 km e largura máxima de 12 km, e uma segunda parte, submersa nas águas do Oceano Atlântico (Nascimento et al., 2004).

A evolução tectono-sedimentar da Bacia Pernambuco está associada à ruptura dos continentes Sul-Americano e Africano, com consequente surgimento do Oceano Atlântico Sul. Esse evento de ruptura do Supercontinente Gondwana ocorreu no Cretáceo Inferior, juntamente com o preenchimento da bacia com sedimentos flúvio-deltáicos. No Cretáceo Superior sobreveio um intenso vulcanismo, dando origem as rochas ácidas e alcalinas encontradas na bacia. Na porção sul da bacia foram depositados carbonatos e na norte sedimentos pós-vulcânicos, ainda neste período (Lima Filho et al., 1996).

A Bacia Pernambuco engloba principalmente quatro unidades litoestratigráficas, sendo constituída pelos conglomerados, arcósios, arenitos grosseiros e siltitos da Formação Cabo; pelas manifestações vulcânicas, subvulcânicas e plutônicas da Formação Ipojuca; pelos conglomerados e arcósios da Formação Algodoads e pelos calcários da Formação Estivas. A formação dessa bacia de sedimentação teve início com o estabelecimento dos materiais líticos que compõem a Formação Cabo, que são os conglomerados e rochas sedimentares, como argilitos, siltitos e folhelhos (Mabesoone & Alheiros, 1988; Alheiros & Ferreira, 1989).

A Formação Ipojuca é composta de rochas vulcânicas do Cretáceo (~100 Ma), cujos principais tipos petrográficos são: andesitos, riolitos, traquitos e aglomerados vulcânicos, que cortam as rochas da Formação Cabo sob a forma de derrames, diques, chaminés e intrusões (CPRM, 2001; SIGRE, 1999; Nascimento et al., 2008). As rochas desta unidade litoestratigráfica tem origem ácida e básica possivelmente proveniente de derrames de magmas distintos (Nascimento et al., 2004).

Na sequência da formação da Bacia Pernambuco, ocorreu a deposição de rochas como arcósios, calcários e folhelhos, na parte sul da bacia, durante o período em que esta área encontrava-se encoberta pela água do mar, originando a Formação Estivas (Miranda, 1999).

Em um segundo momento de sedimentação, que se iniciou após o período de vulcanismo intenso ocorrido na área, teve origem a Formação Algodoads com a deposição de conglomerado afanítico e arcósio contendo seixos dispersos de rochas vulcânicas, como riolitos e traquitos, quartzo e feldspato, ou interposto com camadas de argila.

Concluindo o processo de evolução tectono-sedimentar da Bacia Pernambuco, ocorrem a Formação Barreiras e os depósitos Quaternários, em sequência a todas as litologias anteriores (Lima Filho et al., 1996; SINGRE, 1999).

O riolito é uma das litologias que integram a Formação Ipojuca, é mais comun a nordeste do Cabo, com maior ocorrência entre os municípios de Ipojuca e Sirinhaém e na Ilha de Santo Aleixo (Amaral e Menor, 1979). Os riolitos são rochas ígneas formadas pela solidificação do magma, que chegam à superfície por condutos vulcânicos ou em falhas. Apresentam um resfriamento rápido por isso têm matriz afanítica (textura fina), podendo apresentar textura porfirítica com presença de fenocristais de quartzo e feldspatos, quando condições de resfriamento mais lento forem propícias.

Os riolitos são classificados como rochas ácidas, de acordo com a sua composição química: o teor de sílica é superior a 65%. São rochas leucocráticas, ricas em minerais essenciais claros, como quartzo e feldspato, e é equivalente extrusivo do granito, exibindo, portanto composições química e mineralógica semelhantes (Leinz e Amaral, 1978).

A mineralogia dos riolitos é constituída por plagioclásios, quartzo, feldspato alcalino, minerais opacos e augitas, em meio a uma matriz composta por vidro vulcânico (Chmyz et al., 2011). Distinguem-se, em geral, dois tipos de riolitos, de acordo com a natureza do feldspato predominante: os potássicos e os sódicos (Assis et al., 2002).

O riolito da Formação Ipojuca ocorre como pequenos plugs, domo, soleiras, diques e derrames, e apresenta textura porfirítica com fenocristais milimétricos e sanidina, ou menos comumente sob a forma de rochas afaníticas (Almeida et al., 2003).

O Brasil possui seis biomas principais, dentre estes o domínio da Mata Atlântica compreendia originalmente, dezessete estados brasileiros, abrangendo ainda regiões no Paraguai e Argentina. A área original no Brasil era 1.315.460 km², 15% do território, atualmente o remanescente é 102.012 km², 7,91% da área original (Câmara, 2003). A Mata Atlântica brasileira é um dos 25 *hot spots* de biodiversidade do mundo, juntos esses pontos quentes detêm mais de 60% das espécies terrestres do planeta. A Mata Atlântica é uma floresta ombrófila densa com diversas variações (Myers et al., 2000).

O clima na região da Mata Atlântica brasileira está na faixa de transição entre o clima tropical e subtropical. A proximidade do oceano, a dinâmica atmosférica, e o relevo contribuem para tornar o clima na porção pertencente ao estado de Pernambuco predominantemente quente e úmido, caracterizado por temperaturas e umidade elevadas.

Predomina na região a vegetação do tipo floresta subperenifólia, com menor expressão de floresta subcaducifólia, ambas do bioma Mata Atlântica, ocorrendo também restingas nas planícies litorâneas, no entanto grande parte desta área encontra-se desmatada para a utilização com o monocultivo da cana-de-açúcar e implantação do Complexo Industrial e Portuário de Suape. Nas áreas estuarinas, próximas ao oceano, são encontrados manguezais (CPRM, 1999; Andrade Lima, 1960).

Poucos estudos sobre gênese de solos foram realizados nesta porção do estado de Pernambuco devido à insuficiência de explorações pedológicas na região, com destaque aqueles realizados por Jacomine et al. (1973), Oliveira et al. (2004) e o Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE (Silva et al., 2001) realizado na década de 1990, no Nordeste do Brasil, pela Embrapa

Solos UEP Recife. Baseado nesses estudos é possível observar que na região predomina a classe dos Argissolos, com ocorrência de pequenas manchas de Nitossolos. Em áreas com relevo pouco movimentado ocorrem Latossolos, estando ainda presente as classes de Gleissolos nas áreas baixas próximas as várzeas, Neossolos e Cambissolos. Os solos formados neste ambiente são, em sua maioria, ácidos, distróficos e, muitos com valores de saturação por alumínio maior que 50%.

No Brasil, estudos relativos à gênese de solos a partir da alteração de rochas vulcânicas, como o riolito e o basalto, foram relatados por Martins et al. (2004), Caner et al. (2014) e Demattê et al. (2005). A grande maioria desses trabalhos foi realizada na região Sul e Sudeste do país, menos comuns são aqueles realizados nas regiões Norte e Nordeste, a exemplo dos realizados por Oliveira et al. (2004), Benedetti et al. (2011) e Oliveira et al. (2011). Em geral, de acordo com os resultados apresentados por esses autores, os solos estudados apresentam fertilidade de média a baixa, acidez moderada a forte, predomínio de caulinita na fração argila e em alguns casos apresentam atividade de argila alta.

Contudo, os trabalhos citados foram realizados, principalmente, em áreas de basalto (rocha vulcânica básica). São menos expressivos os trabalhos pedológicos em áreas rochas vulcânicas ácidas, com destaque aos realizados nos estados de São Paulo (Truffi & Clemente, 2002; Clemente & Azevedo, 2007) e Rio Grande do Sul (Pedron et al., 2009).

A composição da fração argila dos solos dessa unidade fisiográfica é essencialmente caulinitica e oxidica, sendo a presença de micas, esmectitas, feldspatos e interestratificados, em menor proporção. São, portanto, solos onde a monossilização e a alitização são os principais processos de alteração intempérica (Lima et al., 2007; Santos et al., 2012).

A identificação e quantificação de minerais da fração argila, a exemplo da caulinita e gibbsita, têm sido realizadas com o emprego de diversas técnicas, com destaque a Análise Termogravimétrica (ATG). Técnica esta que têm como princípio as diferentes quantidades de grupamentos hidroxila que são liberados com o aquecimento da amostra, o que causa perda de massa do composto original (Ozawa, 2000). Por meio da plotagem da diferença de massa em função do aumento da temperatura da amostra no decorrer do tempo, são

obtidas as curvas termogravimétricas. A gibbsita é quantificada pela perda de massa no intervalo entre 230 e 300 °C e a caulinita entre 270 e 730°C (Karathanasis & Harris, 1982; Plante et al., 2009). Os resultados das análises termogravimétricas são bastante claras em solos de regiões tropicais e subtropicais, por serem estes mais intemperizados, apresentando suficiente quantidade de grupos hidroxila nos minerais que os compõem, o que possibilita uma boa identificação da perda de massa (Rich & Kunzle, 1964, Karathanasis & Harris, 1994).

O conhecimento da mineralogia do solo constitui-se de importante instrumento para a compreensão da gênese do solo (processos pedogenéticos) e do intemperismo atuantes, bem como fornece informações de suas propriedades físicas e químicas, demonstrando assim a relevância da identificação, caracterização e entendimento das propriedades dos minerais do solo (Lima et al., 2007).

Poucos estudos foram realizados a fim de caracterizar a mineralogia dos solos da região do Litoral Sul de Pernambuco. Há o estudo realizado por Lima et al. (2008) sobre a gênese de solos na região, por meio da identificação e caracterização dos constituintes mineralógicos das frações cascalho, areia, silte e argila, de um Argissolo Vermelho-Amarelo desenvolvido de biotita-gnaiss, onde concluíram que minerais primários, como feldspatos, micas e minerais opacos presentes na rocha, podem sofrer alterações, formando as argilas esmectita, vermiculita e caulinita, e estas por sua vez, podem ser transformados em óxidos de ferro. Observaram ainda que tal processo de evolução mineralógica pode não ser completo, permitindo a existência de minerais intermediários ou interestratificados, como interestratificados clorita/esmectita, clorita/vermiculita e a sericita, intermediário na transformação de feldspatos à caulinita.

O intemperismo dos minerais é condicionado por diversos fatores do ambiente que atuam regulando a taxa e o tipo de intemperismo, além da rocha, também tem importância o clima, a vegetação e a topografia (Oliveira, 2011). Estudar o intemperismo possibilita investigar e descrever os produtos mais comuns da alteração das rochas e sugerir os fatores que os determinam, assim como, o entendimento dos processos que levam a transformação de uma rocha em solo, tornando-se ainda mais importante por ser o conjunto de reações que

possibilitam a liberação dos elementos, em ciclos biogeoquímicos, tornando-os disponível aos organismos da cadeia trófica e, ou, precipitados em fases minerais secundárias (Truffi & Clemente, 2002; Clemente & Azevedo, 2007).

A lixiviação dos elementos liberados no intemperismo ocorre em níveis diferentes entre eles, e a partir disto relações moleculares foram propostas para medir a intensidade do mesmo.

Na avaliação da intensidade de intemperismo, diferentes índices têm sido empregados, como o Índice de Intemperismo de Parker (WIP) (Parker, 1970); o Índice de Alteração Química (CIA) (Nesbitt & Young, 1982); o Índice de Intemperismo Químico (CIW) (Harnois, 1988) e o Índice de Alteração de Plagioclásios (PIA) (Fedo et al., 1995), sendo grande parte baseados na razão entre Si e/ou Al, e cátions mais móveis (Ca^{2+} , Na^+ e K^+) (Dahms et al., 2012). Dentre estes, o Índice de Alteração Química (CIA - do inglês, Chemical Index Alteration), obtido a partir da fórmula: $[\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})]\times 100$, tem sido um dos mais empregados (Bétard, 2012). A ampla aplicabilidade do CIA decorre do fato de os feldspatos serem os minerais dominantes na crosta terrestre (Nesbitt & Young, 1989).

O índice CIA considera a transformação do feldspato em minerais de argila, como a caulinita, um dos processos de maior expressão do intemperismo (Rasmussen et al., 2010). Em solos formados a partir de material de origem homogêneo, a variação dos índices de intemperismo ocorre de forma gradual e contínua, com a profundidade, sendo as diferenças químicas e mineralógicas relacionadas apenas ao intemperismo geoquímico (Price & Velbel, 2003).

Empregados como índices da avaliação da intensidade de intemperismo as relações moleculares K_i e K_r são importantes índices que auxiliam na determinação do nível de evolução do solo. Tais relações são dadas através da razão entre silício e alumínio (K_i) e silício por alumínio e ferro (K_r).

Os índices K_i e K_r podem ser indicativos do grau de intemperismo do solo por constituir uma divisão entre um elemento de maior mobilidade (Si) por elementos de baixa mobilidade (Al e Fe). Estes índices apresentam valores tanto menor quanto mais avançado for o estágio de intemperismo do solo (Resende & Santana, 1998; Galvão et al., 2007; Pereira et al., 2013).

Os estudos de intemperismo envolvem a análise do material de origem e seus produtos de alteração quanto aos teores dos elementos constituintes, visando determinar ganhos e perdas destes elementos durante a pedogênese (Demattê et al., 1991).

O material de origem influencia, em maior ou menor proporção, a composição química do solo, com expressão dependente da atuação dos demais fatores pedogenéticos e do aporte de outros materiais líticos ou sedimentos durante a gênese do solo. A mobilidade dos elementos durante os processos de intemperismo e pedogênese irão determinar os níveis de perda e redistribuição dos mesmos no perfil de solo (Moreira & Oliveira, 2008; Khomo et al., 2013).

Os estudos referentes a gênese de solos originados da alteração de riolito são escassos, no entanto os alusivos ao estudo de características químicas, físicas, mineralógicas e gênese de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas básicas (Oliveira et al., 2004; Oliveira et al., 2011a; Benedetti et al., 2011), são muito frequentes, apresentando importância à realização de trabalhos que busquem a compreensão dos processos de formação e propriedades de solos formados da alteração de rochas vulcânicas ácidas, a exemplo do riolito. Partindo disto, o presente trabalho tem por objetivo caracterizar física, química, e mineralogicamente solos formados a partir da alteração de riolito em ambiente de Mata Atlântica no estado de Pernambuco, buscando compreender os processos envolvidos na sua gênese.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da região de estudo

A área de estudo está localizada no município de Sirinhaém-PE, Nordeste do Brasil, inserida geologicamente na Bacia Pernambuco, mas precisamente na unidade litoestratigráfica Formação Ipojuca. O local selecionado situa-se nas proximidades da latitude 08° 34´sul, longitude de 35° 05´oeste, com altitude de 36 a 67m (Figura 1; Tabela 1).

Os solos formados são produto da alteração do riolito da Formação Ipojuca. A escolha da área de estudo foi realizada com base em mapas geológicos e viagem prévia de reconhecimento.

Foram selecionados para abertura das trincheiras, descrição e coleta das amostras de solo, saprolito e rocha, quatro perfis alocados formando uma topossequência. O clima da região enquadra-se no tipo As' (Köppen), tropical chuvoso com verão seco.

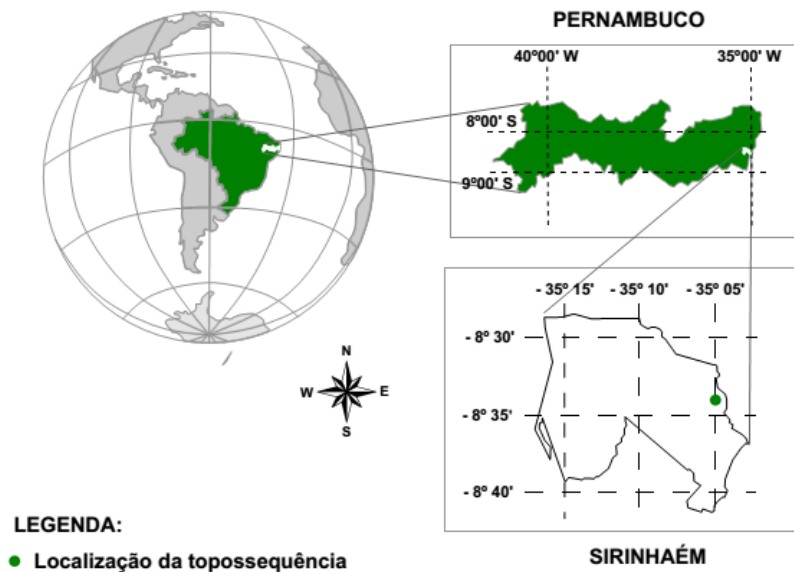


Figura 1. Mapas com a localização da área de estudo, Sirinhaém-PE.

As temperaturas médias anual variam entre 22 e 24°C e a umidade relativa do ar média é 73%.

A precipitação pluvial média é 2.160mm, com período de chuvas de fevereiro a agosto, sendo os meses de junho e julho considerados os mais chuvosos (Jacomine et al., 1973; Assis, 1999). A geomorfologia local é o domínio de mares de morros, ambientes formados por morros e colinas, sendo o relevo ondulado e forte ondulado.

Predomina na região a vegetação do tipo floresta subperenifólia, com menor expressão de floresta subcaducifólia, ambas do bioma Mata Atlântica, entretanto grande parte desta área foi desmatada para a utilização com o monocultivo da cana-de-açúcar e implantação do Complexo Industrial e Portuário de Suape.

2.2. Seleção de perfis, coleta e preparo das amostras de solos.

Os perfis estudados foram coletados em encosta, compondo uma topossequência com quatro perfis (P1, P2, P3 e P4) alocados do ponto mais alto até o sopé da encosta, com a finalidade de entender a distribuição dos solos na paisagem e os fatores relacionados à sua gênese e propriedades (Tabela 1.).

A localização dos perfis na topossequência consta na Figura 2. O perfil P1 foi selecionado em área de vegetação nativa indicativa de área sem interferência ou com mínima ação antrópica.

As trincheiras foram abertas e realizadas a caracterização morfológica dos perfis e a coleta de amostras de solo, de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos et al., 2013).

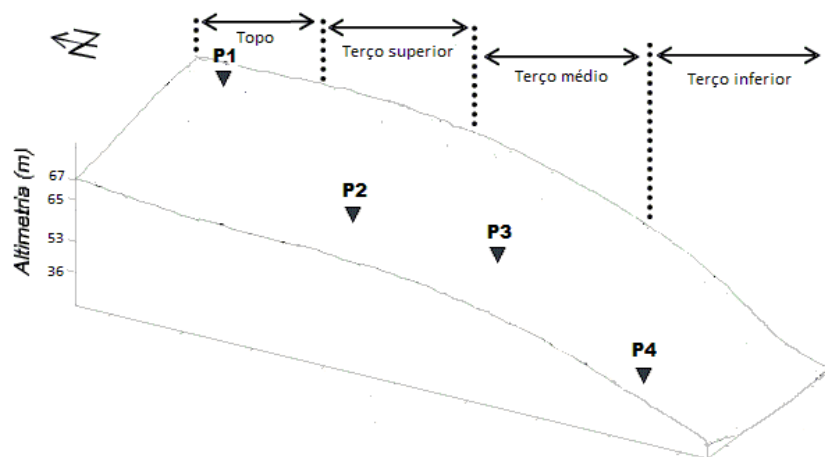


Figura 2. Situação dos perfis na topossequência, onde P1 = Perfil 1, P2 = Perfil 2, P3 = Perfil 3 e P4 = Perfil 4

Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (Embrapa, 2013). Amostras deformadas e indeformadas, na forma de torrões ou agregados, de todos os horizontes e camadas foram coletadas para a realização das análises físicas, químicas e mineralógicas.

As amostras deformadas de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malha de 2mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA), como descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (2009).

Tabela 1. Coordenadas geográficas e altitude dos perfis de uma toposequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.

Perfil	Coordenada	Altitude (m)
P1 (Topo)	8° 34' 3,5" S e 35° 5' 9,8" W	67,0
P2 (Terço superior)	8° 33' 58,5" S e 35° 8' 8,4" W	65,0
P3 (Terço Médio)	8° 33' 57" S e 35° 5' 8,6" W	53,0
P4 (Terço inferior)	8° 33' 55,3" S e 35° 5' 8,8" W	36,0

2.3. Análises físicas

Foram determinadas a composição granulométrica, a argila dispersa em água, a densidade do solo, a densidade de partículas e de posse destes dados, calculados o grau de flocculação, a relação silte/argila e a porosidade total. A composição granulométrica da TFSA e a determinação dos teores de argila dispersa em água (ADA) foram realizadas pelo método do densímetro, proposto por Gee & Or (2002).

A dispersão foi realizada com solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ para a maioria das amostras, exceto as amostras dos horizontes Bi1 e C/Cr do P1, C do P3 e Cr/C do P4 que foram dispersas com Calgon 0,1 mol L⁻¹ (solução composta de NaOH 0,1 mol L⁻¹ e Na₁₆P₁₄O₄₃ 0,1 mol L⁻¹, na proporção de 1:1), após realização de testes para identificar o dispersante mais eficiente para cada amostra de solo.

Para a determinação da ADA foi utilizado mesmo procedimento da granulometria, exceto o uso da solução dispersante. Neste caso, utilizou-se água destilada. A densidade do solo foi realizada pelo método do torrão parafinado (Blake & Hartge, 1986) e a densidade da partícula pelo método do balão volumétrico (Flint & Flint, 2002).

Após obtenção dos resultados foram calculadas a porosidade total do solo, o grau de flaculação e a relação silte/argila, segundo Embrapa (1997).

2.4. Superfície específica

A superfície específica (SE) da argila foi determinada por meio do método de sorção de vapor de água (Quirk, 1955). Para tanto, foram utilizadas amostras de 0,5 gramas de argila, que permaneceram em dessecador com P_2O_5 por 8 dias, e ao final pesadas em balança de precisão com 4 casas decimais.

Em seguida, as mesmas amostras foram postas em outro dessecador agora contendo acetato de potássio, durante o mesmo intervalo de tempo, e foram novamente pesadas em balança de precisão com 4 casas decimais. De acordo com o autor, a diferença de peso entre estes dois tratamentos é multiplicada por um fator de 3,6 para obtenção da SE ($m^2 g^{-1}$).

Durante a pesagem das amostras, foi sempre tomado muito cuidado quanto ao tempo de exposição das amostras contidas nos cadinhos a atmosfera ambiente externa ao dessecador, e utilizadas luvas limpas, que eram trocadas constantemente a fim de evitar alteração do peso das amostras, que apresenta variação muito pequena.

2.5. Análises químicas

Para a caracterização química foram realizadas as análises de carbono orgânico total pelo método de Yoemans & Bremner (1988); pH na proporção solo:solução de 1:2,5, em água e KCl 1 mol L^{-1} ; acidez potencial, pelo método do acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato; Na^+ e K^+ trocáveis extraídos por Mehlich 1 e determinados por fotometria de chama.

Os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis foram extraídos por KCl 1 mol L^{-1} e determinados por espectrometria de absorção atômica. O fósforo disponível foi determinado por colorimetria, usando-se ácido ascórbico como redutor, após a extração com solução de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e H_2SO_4 $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ (Mehlich-1).

A partir dos resultados obtidos do complexo sortivo, foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação por Al (m) e atividade da fração argila (T). Todos os procedimentos foram baseados na metodologia constante em Embrapa (2009).

2.5.1 Digestão sulfúrica

Os elementos Si, Al e Fe foram extraídas por digestão sulfúrica seguida pela digestão alcalina, utilizando-se metodologia proposta por Vettori (1969). A extração foi realizada nas amostras de TFSA. Para tanto utilizou-se 1,0 g por amostra, a qual foi macerada em cadinho de ágata e passada em peneira com malha de 0,5 mm. Estas amostras foram colocadas em tubos de digestão de 75 mL, juntamente com 20 mL de H₂SO₄ (relação 1:1 com H₂O destilada), levadas à placa digestora para aquecer a uma temperatura de cerca 180 °C e deixadas fervendo por meia hora.

Ao esfriarem, foram adicionadas 50 mL de água destilada, e em seguida filtradas em papel-filtro faixa azul para balões de 250 mL. O resíduo do papel de filtro foi usado para a digestão alcalina, no qual foi determinado o teor de SiO₂ por gravimetria. O extrato da digestão sulfúrica foi utilizado para determinação do Al e do Fe por espectrofotometria de absorção atômica.

2.6. Análises químicas para fins de mineralogia

Para determinar os teores e a composição química dos óxidos de Fe de baixa cristalinidade e óxidos de Fe de alta cristalinidade (goethita e hematita), o Fe livre foi determinado na TFSA após extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Fe_d) (Mehra & Jackson, 1960) e formas de baixa cristalinidade após única extração com oxalato ácido de amônio (Fe_o) (McKeague & Day, 1966).

Na extração do Fe_d foram utilizados os sais ditionito de sódio (Na₂S₂O₄), utilizado para dissolver os óxidos de ferro pela redução do Fe³⁺ a Fe²⁺, citrato de sódio (Na₃C₆H₅O₇.2H₂O) que atua complexando os íons Fe²⁺ solução extratora e bicarbonato de sódio (NaHCO₃), utilizado para tamponar a reação em pH próximo a 7. Já a extração dos óxidos de ferro de baixas cristalinidade (Fe_o) foi realizada utilizando uma solução de oxalato de amônio ((NH₄)₂C₂O₄.H₂O) 0,2 mol L⁻¹ a pH 3, no escuro (McKeague & Day, 1966), em uma única extração. Após as extrações, os teores Fe nos extratos foram determinados por espectroscopia de absorção atômica e os resultados

expressos na forma de óxidos. A partir dos resultados, foi calculado o índice que infere o grau cristalinidade dos óxidos de ferro presentes nas amostras por meio da relação Fe_o/Fe_d .

Os elementos Al, Ca, Mg, K e Na da fração TFSA foram determinados por espectroscopia de emissão de plasma (ICP-OES), após digestão total por ataque triácido (HCl + HNO₃+ HF) assistida por micro-ondas (Hossner, 1996) para determinação dos teores totais de elementos presentes no solo e no material de origem, sendo expressos na forma de óxidos para uso na determinação do índice de intemperismo CIA.

2.7. Análises mineralógicas

2.7.1. Microscopia ótica

A fração areia total, obtida por tamisação com o auxílio de peneira de malha 0,053mm, foi separada em areia grossa (2-1mm) e areia fina (1-0,05mm) por tamisação seca, sendo analisadas por meio da microscopia ótica segundo Leinz & Campos (1979).

As análises mineralógicas por mineralogia ótica das frações superiores a 0,05mm seguiram os métodos usuais que envolvem: homogeneização e quarteamento da amostra; utilização de ímã para separação dos minerais magnéticos; descrição de propriedades físicas, como: brilho, clivagem, cor e diafanidade, sob lupa binocular. Foram realizados ainda microtestes químicos, com uso de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e ácido clorídrico (HCl) a 10% mas não foram detectados minerais, recobrimento de minerais, agregados e/ou concreções constituindo minerais com presença de óxido de manganês ou carbonatos, respectivamente.

Também foram observados o estado de alteração dos minerais e o grau de arredondamento e esfericidade dos grãos de quartzo, feito através da comparação destes com aqueles apresentados na classificação quanto ao grau de arredondamento e esfericidade proposto por Pereira et al. (2005). Após a identificação dos minerais foi feita uma estimativa da porcentagem destes através do método de comparação visual com representações esquemáticas comuns na literatura.

2.7.2. Difractometria de Raios X

A mineralogia das frações silte e argila foi obtida por difração de raios-X, realizada nas amostras do horizonte superficial (A), horizonte diagnóstico (B) e do horizonte mais profundo coletado, dos quatro perfis. Também foi realizada a análise por DRX da amostra da rocha, riolito coletado na área da topossequência de estudo.

As demais frações granulométricas do solo, utilizadas nas análises mineralógicas por DRX foram obtidas da seguinte forma: as frações silte e argila foram separadas pela combinação de processos de dispersão química, desagregação mecânica (dispersão lenta), e sedimentação com base na Lei de Stokes (Khonke, 1969; Embrapa, 1997), onde após a coleta, o volume das provetas era completado com solução de NaOH ou Calgon $0,001\text{mol L}^{-1}$, mantendo a suspensão com pH entre 8,0 e 8,5.

A composição mineralógica da fração argila foi determinada por difratometria de raios X, na forma de pó da argila natural e de microagregados orientados com tratamentos de saturação e térmico, em sequência aos pré-tratamentos para eliminação dos agentes cimentantes, matéria orgânica nas amostras dos horizontes superficiais e óxidos de ferro em todas as amostras, utilizando-se respectivamente peróxido de hidrogênio 30 % v/v e solução de ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (Jackson, 1975). A disposição das argilas sobre a lâmina de vidro foi realizada por esfregaço, obtendo a amostra orientada.

Foram realizados os tratamentos de saturação por KCl e MgCl_2 , a fim de caracterizar os filossilicatos, onde as lâminas foram analisados por difratometria de raios-X na forma de microagregados orientados (Jackson, 1975). Foi realizado tratamento térmico à 550°C em mufla, nas lâminas de argila saturada com K.

A diferenciação entre haloisita e caulinita foi realizada segundo o método proposto por Churchman et al.(1984), onde amostras da fração argila natural foram submetidas à pulverização com formamida, e foram analisadas por difração de raios X. A presença de haloisita se confirma com expansão e um pico de 1,0 nm, enquanto a caulinita não apresenta expansão e mantém o pico de 0,7 nm.

O estudo dos óxidos de Fe mais cristalinos (goethita - Gt e hematita - Hm) foi realizado por DRX em amostras da fração argila concentrada, pela remoção de caulinita e gibbsita por meio da fervura com NaOH 5 mol L⁻¹, pelo período de 2 h em banho-de-areia a 250 °C, seguida de lavagens com NaOH 5 mol L⁻¹ uma vez; HCl 0,5 mol L⁻¹ um vez; (NH₄)₂ CO₃ por duas vezes e água destilada por duas vezes (Kämpf & Schwertmann, 1982; Norrist & Taylor, 1961).

Após lavagem para retirar o excesso de sal e secagem, o resíduo foi analisado por DRX (amostra não orientada) numa amplitude de 10 a 70 °2θ e velocidade de 1,0 °2θ/min.

Os difratogramas foram obtidos com Difratômetro de Raios X modelo Shimadzu XRD 6000, a uma tensão de 40 kV, corrente de 20 mA e radiação de α do Cu, com monocromador de grafite acoplado. A amplitude de varredura nas amostras em pó foi de 3 a 70° 2θ; nas amostras na forma de agregados orientados sobre lâmina de vidro foi de 3 a 35° 2θ e na argila natural borrifada formamida foi 3 a 20° 2θ, todas à velocidade de varredura de 1° 2θ min⁻¹.

Os critérios empregados para interpretação dos difratogramas e na identificação dos minerais constituintes da fração argila e silte foram baseados no espaçamento interplanar (d) e no comportamento dos picos de difração diante dos tratamentos de saturação e térmico empregados, conforme apresentado por Jackson (1975), Brown & Brindley (1980) e Moore & Reynolds (1989).

2.7.3. Análise Termogravimétrica

A Análise Termogravimétrica (ATG) das amostras de argila previamente desferrificadas (Mehra & Jackson, 1960), foi realizada em um derivatógrafo Netzsch modelo STA 449 F3 com módulo de TG e ATD simultâneos. As amostras foram saturadas com Mg²⁺ (solução de 1 mol L⁻¹ de MgCl₂) e deixadas por uma noite em dessecador com umidade relativa do ar em 52±2% por meio de solução saturada de Mg(NO₃)₂ (Soukup et al., 2008).

Foram utilizados 20mg de argila em cadinhos de alumina, analisados de 35 até 1100°C, com taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹, em atmosfera de gás N₂. Um cadinho de alumina vazio foi utilizado como material termicamente inerte de referência. A quantificação da gibbsita e da caulinita foi realizada com

base na perda de massa evidenciada pela ATG, com intervalos medidos pelos eventos térmicos gerados pela ATD. Os dados obtidos foram processados por meio do *software* Proteus® Versão 5.1, Netzsch.

A quantidade de gibbsita foi determinada utilizando-se a perda de massa da amostra entre 250 e 350° C, em comparação com uma perda de massa calculada correspondente a completa desidroxilação de uma amostra pura de gibbsita: % gibbsita = 100 × (PM_A / PM_{Gib}) onde PM_A é o percentual de perda de massa da amostra e PM_{Gib} é o percentual de perda de massa da gibbsita pura.

O cálculo de quantificação da caulinita foi realizado de forma análoga, com base no evento desidroxilação acentuada entre 450 e 550° C, onde % de caulinita = 100 × (PM_A / PM_{Ct}), onde PM_A é a perda de massa da amostra e PM_{Ct} é a perda de massa de caulinita pura (Karathanasis, 2008).

2.8. Índices de intemperismo

O grau de intemperismo dos minerais presentes nas amostras de solo e saprolito foram obtidos de acordo com método proposto por Nesbitt & Young (1982), que o estima através do Índice de Alteração Química - CIA, calculado a partir dos teores totais dos principais elementos, obtidos por meio de digestão total por ataque triácido (HCl + HNO₃+ HF) assistida por micro-ondas, (Hossner, 1996) com a seguinte equação:

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

No índice de intemperismo CIA valores próximo ou igual a 100 são considerados elevados e indicam solos com elevado intemperismo, tendo ocorrido à transformação das fases minerais primárias em minerais como caulinita e gibbsita. Solos que apresentam composição mineralógica idêntica a do material parental, ou seja, que não foram afetados pelo intemperismo químico, resultam em índice de intemperismo CIA igual a 50 (Rasmussen et al., 2010).

Adicionalmente, foram calculadas as relações moleculares Ki e Kr, por meio das expressões: Ki = (% SiO₂ / Al₂O₃) x 1,7 e Kr = (1,7 x % SiO₂) /

$[\%Al_2O_3 + (\%Fe_2O_3 \times 0,64)]$, utilizando-se os teores totais de Fe, Si e Al obtidos por digestão sulfúrica (Vettori, 1969), os quais foram avaliados como índices complementares do grau de intemperismo dos solos (Borges & Nishiyama, 2005; Pereira et al., 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Atributos morfológicos

Na Tabela 2 são descritos os dados de profundidade e atributos morfológicos dos perfis, a caracterização completa dos perfis consta no Anexo 1. A sequência de horizontes apresenta boa diferenciação, sendo composta de forma geral pelos horizontes A–B–Cr–R, com presença de horizontes transicionais e/ou intermediários em alguns perfis.

Os perfis estudados apresentam *solum* (horizontes A + B) com menor profundidade no perfil 1, localizado no topo (100 cm), e maior no perfil 2, no terço superior da encosta (200 cm). São solos que variam de pouco profundo (P1), profundo (P3 e P4) e muito profundo (P2), de acordo com classificação proposta pela Embrapa (2013).

Todos os perfis analisados apresentaram boa drenagem e ocorrem em relevo predominantemente forte ondulado, com exceção do P1 que se encontra em relevo ondulado. O perfil localizado no topo da encosta, identificado como P1, possui textura argilosa, horizonte A moderado, desenvolvido sob riolito da Formação Ipojuca. Apresenta sequência de horizontes Ood-A-AB-BA-Bi1-Bi2-C/Cr (Figura 4), e tem profundidade superior a 115 cm com saprolito iniciando em 100 cm e é um solo moderadamente drenado de acordo com o SiBCS (Embrapa, 2013).

O perfil 1 apresentou cores mais escuras nos horizontes superficiais (A e AB) influenciadas pelos teores de matéria orgânica (Tabela 4), diminuindo com o aumento da profundidade, onde dominam cores amareladas, com matiz 10YR para todos os horizontes, exceto para o Bi2 que apresentou coloração variegada composta também pela matiz 2,5YR, que exibe cor mais avermelhada (Tabela 2). O horizonte A desse perfil apresenta textura franco-argilo-siltosa, que se repete nos horizontes AB, BA e C/Cr.

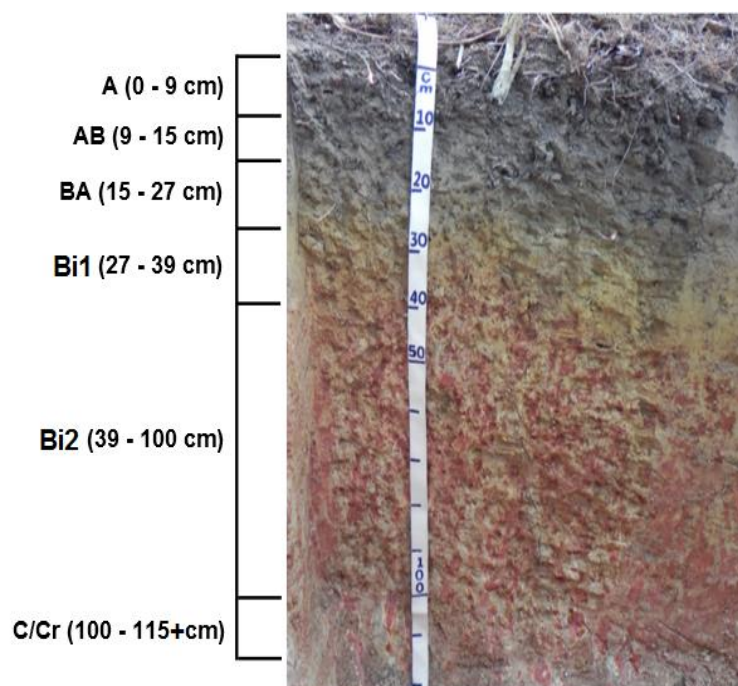


Figura 3. Distribuição e classificação dos horizontes do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (P1), de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.

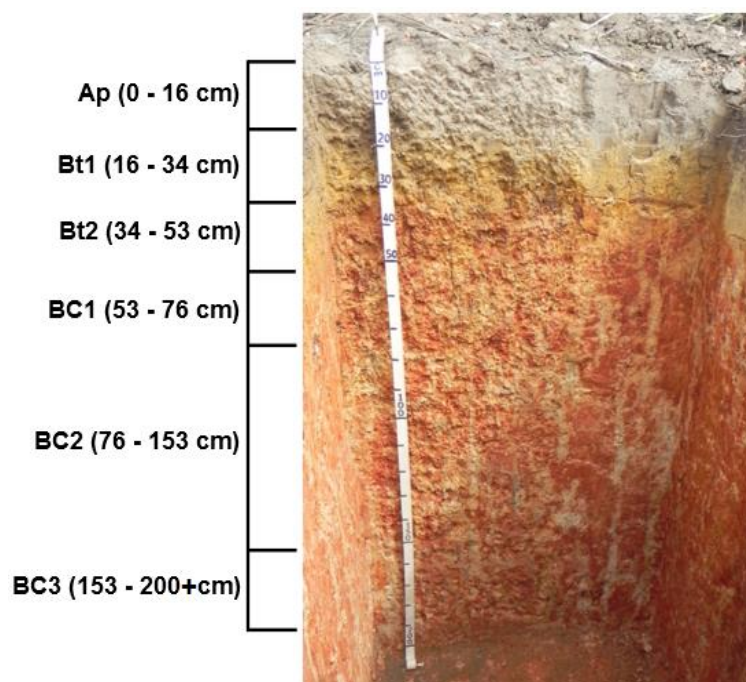


Figura 4. Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abruptico (P2), de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE..

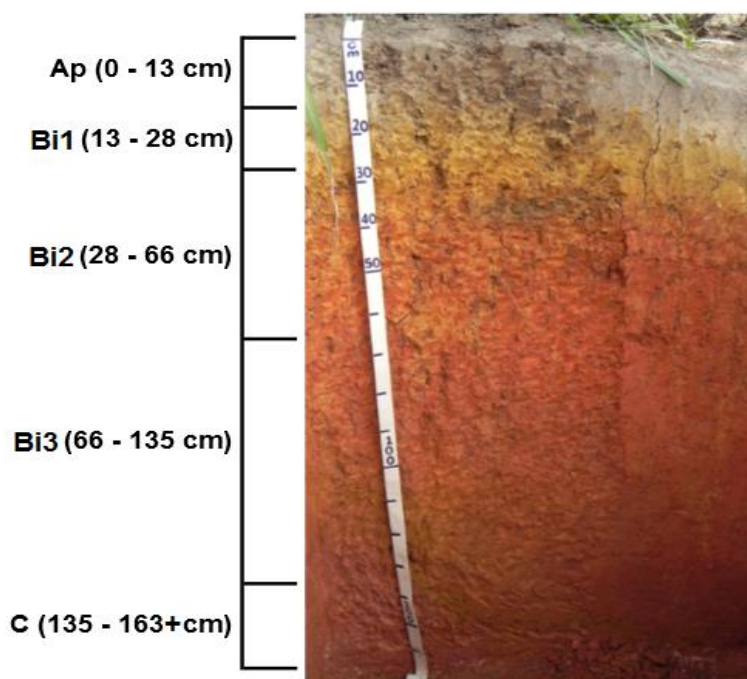


Figura 5. Distribuição e classificação dos horizontes do CAMBISSOLO Háplico Tb Distrófico típico (P3), de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE..

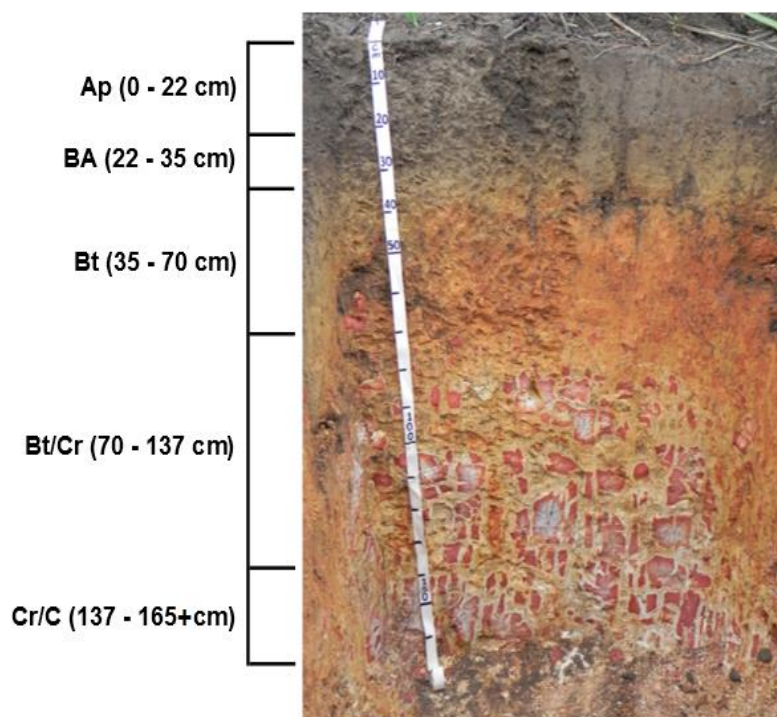


Figura 6. Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (P4), nos perfis de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém-PE.

Os horizontes B1 e B2 apresentam textura argilo-siltosa e argila, respectivamente. Apenas o horizonte A neste perfil não possui agregação, que é expressa por grãos simples (estrutura forte, pequena a média, granular), os demais apresentaram estrutura em blocos subangulares (AB, BA, Bi1 e Bi2) e angulares (Bi2), fraca a moderada e pequena a média.

No P2 localizado no terço superior da topossequência, verificou-se a presença de horizonte A moderado, textura argilosa/muito argilosa, com sequência de horizontes Ap-Bt1-Bt2-BC1-BC2-BC3 e profundidade superior a 200 cm (Figura 5), com *solum* de 200cm, o mais profundo da topossequência.

Neste perfil foi observada a presença de coloração variegada desde o horizonte Bt1 até o mais profundo, isso em decorrência de variações nas taxas de alteração intempérica do riolito, formando microsítios como resultado da ocorrência de blocos de rocha, desenvolvidos durante a alteração de rocha sã a saprolito, com existência veios onde a passagem de água é preferencial, favorecido pelas condições de drenagem e morfologia do relevo.

Verifica-se ainda a presença de cores acinzentadas no horizonte superficial (A), cores bruno-forte, vermelhas, cinzentas e amarelo-avermelhadas em profundidade. Diferente do perfil P1, o perfil P2 apresenta textura predominantemente argila e muito argilosa em todos os horizontes, excetuando-se o Ap e BC3 com textura franco-argilosa e argilo-siltosa, respectivamente.

A mudança na textura observada entre os perfis 1 e 2, deve-se a posição do perfil 2 no relevo, que possibilita uma maior percolação da água na zona superficial do perfil, com movimentações vertical e horizontal mais intensas, condicionadas pela maior inclinação do relevo.

Na parte superior do perfil 2, os horizontes apresentaram, assim como no perfil 1, estrutura granular e em blocos subangulares, porém no perfil 2 com grau de desenvolvimento fraco.

A sequência de horizontes Ap-Bi1-Bi2-Bi3-C (Figura 6) foi encontrada no perfil 3, situado no terço médio da topossequência, sob relevo forte ondulado. Este perfil tem horizonte A moderado, com textura argilo-siltosa, e demais horizontes com textura argilosa e muito argilosa. Foi observada a presença de cerosidade fraca e pouca no horizonte Bi3, sendo um indicativo da ocorrência de argiluviação entre os horizontes desse perfil.

Tabela 2. Atributos morfológicos dos perfis P1 e P2 de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.

Horiz.	Prof.	Cor Munsell (Matriz)		Textura	Estrutura			Consistência			Transição
		úmida	seca		Grau	Tamanho	Forma	Seca	Úmida	Molhada	
P1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Topo											
A	0-9	10YR 3/2	10YR 4/2	Franco-argilo-siltosa	Forte	Pequena e média	Granular	Ligeiramente dura	Friável	Plástica e ligeiramente pegajosa	Clara e plana
AB	9-15	10YR 4/3	—	Franco-argilo-siltosa	Fraca ¹ Moderada ²	Média ¹ Pequena ²	Blocos subang. ¹ Granular ²	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Clara e plana
BA	15-27	10YR 5/6	—	Franco-argilo-siltosa	Fraca	Pequena e média	Blocos subangulares	—	Firme	Plástica e pegajosa	Gradual e ondulada
Bi1	27-39	10YR 6/4	—	Argilo-siltosa	Fraca	Pequena e média	Blocos subangulares	—	Firme	Plástica e pegajosa	Clara e ondulada
Bi2	39-100	10YR 6/8 e 2,5YR 4/8	—	Argila	Moderada	Pequena e média	Blocos subangulares e angulares	—	—	—	Clara e ondulada
C/Cr	100-115+	—	—	Franco-argilo-siltosa	—	—	—	—	—	—	—
P2 – ARGISSOLO AMARELO Distrófico abrupto – Terço superior											
Ap	0-16	10YR 4/2	10YR 5/2	Franco-argilosa	Fraca ¹ Maciça coesa	Pequena ¹	Granular ¹	Dura	Muito firme	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Clara e ondulada
Bt1	16-34	10YR 6/8	—	Argila	Fraca ¹ Maciça coesa	Pequena e Média ¹	Blocos subangulares ¹	Dura	Firme	Plástica e pegajosa	Clara e ondulada
Bt2	34-53	10YR 7/6 e 2,5YR 3/6	—	Muito argilosa	Moderada	Pequena e Média	Blocos subangulares e angulares	Dura a extremamente dura	Firme a muito firme	Ligeiramente plástica e pegajosa	Gradual e plana
BC1	53-76	10YR 7/6 e 2,5 YR 3/6	—	Argila	Moderada	Pequena e Média	Blocos subangulares e angulares	Dura a extremamente dura	Firme a muito firme	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Gradual e plana
BC2	76-153	10YR 7/6, 2,5YR 3/6, 10YR 7/2 e 7,5YR 5/8	—	Argila	Moderada	Pequena e Média	Blocos subangulares e angulares	Dura a extremamente dura	Firme a muito firme	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Gradual e plana
BC3	153-200+	10YR 7/6, 2,5YR 3/6, 7,5YR 5/8 e 10YR 5/8	—	Argilo-siltosa	—	—	—	Dura a extremamente dura	Firme a muito firme	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	—

...

Tabela 2. Atributos morfológicos dos perfis P3 e P4 de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE

Horiz.	Prof.	Cor Munsell (Matriz)		Textura	Estrutura			Consistência			Transição
		úmida	seca		Grau	Tamanho	Forma	Seca	Úmida	Molhada	
P3 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Terço médio											
Ap	0-13	10YR 3/2	10YR 4/2	Argilo-siltosa	Fraca ¹ Moderada ²	Média ¹ Pequena e média ²	Blocos subang. ¹ Granular ²	Muito dura	Firme	—	Gradual e plana
Bi₁	13-28	10YR 6/8	—	Argila	Fraca	Pequena e média	Blocos subangulares	—	Firme a muito firme	Não Plástica e pegajosa	Gradual e plana
Bi₂	28-66	10YR 6/6 e 2,5YR 6/6	—	Muito argilosa	Fraca a moderada	Pequena e média	Blocos subangulares e angulares	—	Firme a muito firme	Não plástica e pegajosa	Gradual e ondulada
Bi₃	66-135	2,5YR 4/6 e 10YR 6/6	—	Argila	Moderada	Pequena e média	Blocos subangulares e angulares	—	Friável e muito firme	Plástica e pegajosa	Clara e ondulada
C	135-163+	—	—	Argila	—	—	—	—	—	—	—
P4 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – Terço inferior											
Ap	0-22	10YR 3/1	10YR 5/2	Franco-argilo-siltosa	Fraca ¹ Maciça coesa	Pequena e Média ¹	Granular ¹	Muito Dura	Firme	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Gradual e plana
BA	22-35	10YR 5/4 e 10YR 3/2	—	Argilo-siltosa	Fraca ¹ Maciça moderadamente coesa	Pequena e Média ¹	Blocos subangulares ¹	Muito dura a extremamente dura	Firme	Plástica e pegajosa	Clara e ondulada
Bt	35-70	2,5YR 4/8	—	Muito-argilosa	Fraca	Pequena e Média	Blocos subangulares	—	Friável a firme	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Gradual e ondulada
Bt/Cr	70-137	—	—	Argila	—	—	—	—	—	—	Clara e ondulada
Cr/C	137-165+	—	—	Franco-argilo-siltosa	—	—	—	—	—	—	—

Dentre os perfis estudados o perfil 3 possui *solum* com 135 cm, evidenciando localização no relevo que favorece boa alteração da rocha parental. A cor e a organização estrutural de seus componentes apresenta-se semelhante aos perfis 1 e 2, no entanto o horizonte Ap deste perfil possui agregação, evidenciada por blocos subangulares, de tamanho pequeno e médio, com grau de desenvolvimento fraco, além da estrutura granular observada nos demais horizontes superficiais da topossequência.

A maior estruturação do horizonte A do perfil 3, está possivelmente associada a exposição de um horizonte subsuperficial, devido a perda parcial do horizonte A naturalmente formado sob condições de área preservada pretéritas, pelo uso agrícola intensivo da área com o cultivo da cana-de-açúcar.

Os horizontes Bi1 e Bi2 do perfil 3 tem coloração variegada que se inicia a 28 cm, composta pelas matizes 10YR e 2,5YR, que indica alternância de poros saturados e aerados.

Quando intemperismo ocorre em área de boa drenagem, ou seja, não saturada, coexistem ar nos poros da rocha e água, e as variações de saturação da água ocorrem de forma dinâmica. As variações resultantes do grau de saturação de água afetam significativamente a condutividade hidráulica e coeficientes de difusão efetivos (Yokoyama, 2013; van Genuchten, 1980), levando a formação da coloração variegada observada nos perfis P2, P3 e P4 da topossequência de estudo.

No terço inferior da encosta foi coletado o P4, com textura argilosa/muito argilosa, esse perfil possui sequência de horizontes Ap-BA-Bt-Bt/Cr-Cr/C (Figura 7). O horizonte superficial é do tipo A moderado, exibindo cerosidade moderada e comum no horizonte Bt.

Possui textura ao longo do perfil variando de franco argilo-siltosa a muito argilosa, com estrutura granular e maciça coesa no horizonte Ap, e em blocos subangulares e maciça moderadamente coesa nos demais.

O perfil 4 tem profundidade superior a 165 cm e *solum* com 137 cm, com cores predominantemente da matiz 10YR. O mesmo também apresenta coloração vermelha, composta pela matiz 2,5YR.

3.2. Atributos físicos

Os atributos físicos dos solos estudados são apresentados na Tabela 3. Os dados referentes à granulometria da fração total mostram que a fração grosseira (> 2 mm) é virtualmente inexistente, representando menos de 1% do total da TFSA, em todos os perfis.

Com base na análise granulométrica os solos apresentam predomínio da fração silte no perfil 1, e da fração argila nos perfis 2, 3 e 4, sobre as demais frações em todos os horizontes (exceto no horizonte A de todos os perfis, onde predomina a fração silte), com teores da areia fina superiores aos teores de areia grossa.

Os teores de silte foram altos e variaram de 244 a 571 g kg⁻¹ de TFSA em toda a topossequência, com média de 398 g kg⁻¹ de TFSA. Estes valores estão de acordo com os encontrados por Swindale & Jackson (1960) e Heckman et al., (2009), para solos originados da alteração de riolito, na Floresta do Arizona nos Estados Unidos e na Nova Zelândia.

Esse predomínio das frações mais finas é devido ao intemperismo dos minerais que formam o material originário desse solo e da textura rocha, onde a grande quantidade de quartzo fino presente no riolito está sendo preservado, por se tratar de um mineral muito resistente ao intemperismo, persistindo na matriz do solo compondo a fração silte.

A textura dos perfis de solo avaliada varia de média a muito argilosa, não apresentando textura siltosa apesar dos perfis 1, 2 e 3 possuírem valores de silte de até 571 g kg⁻¹.

A não alteração do silte para argila deve-se a resistência dos minerais presentes a ação intempérica, onde o mineral predominante é o quartzo como pode ser observado pela composição da areia e DRX do riolito (Tabela 7; Figura 7), composição coerente para solos originados de rocha félsica (Si>65%), associada às condições de drenagem pouco eficientes, com provável ocorrência de águas de percolação saturadas pela sílica solúvel (Van Raij & Camargo, 1973).

Yokoyama (2013) em trabalho desenvolvido em solos originados da alteração de riolito, no Japão, constatou a influência da saturação da solução do solo por sílica solúvel, na condutividade hidráulica e difusão dos elementos

nos solo, condição que reduz a velocidade do intemperismo químico, o que condiciona uma baixa taxa de alteração dos grãos da fração silte para o tamanho da fração argila.

O teor de argila varia de 242 a 496 g kg⁻¹ no horizonte A, tais teores aumentam em direção aos horizontes subsuperficiais (B) em todos os perfis, no entanto, o incremento gradual de argila em profundidade foi insuficiente para caracterizar o horizonte B textural, nos perfil 1, 3 e 4, sendo apenas suficiente para o perfil 2, entretanto no perfil 4 o horizonte B apresenta cerosidade moderada e comum, sendo por isto também enquadrado como B textural (Bt).

O alto teor do silte, aliada aos valores da relação silte/argila elevados no perfil 1, que variaram de 0,79 a 2,36, e nos horizontes superficial e mais profundo dos perfis 2, 3 e 4 indicam fisicamente um aparente estágio incipiente de evolução desses solos, caracterizando menor grau de desenvolvimento e conservação do material de origem (Embrapa, 2006).

Porém, a relação silte/argila dos horizontes diagnósticos e intermediários dos perfis 2, 3, e 4 é mais baixa, com média de 0,65, evidenciando que são solos em estágio avançado de intemperismo (Embrapa, 2006).

A relação silte/argila é utilizada como um índice auxiliar na indicação do grau de intemperismo dos solos (Jacomine, 2005), e seus valores foram contrários às indicações de avançado intemperismo, observados nos resultados da composição química (Tabela 4) e mineralógica desses solos, assim como os índices de intemperismo (Tabela 5). Isso mostra que existem restrições quanto ao uso da relação silte/argila na avaliação do intemperismo em solos.

A inaplicabilidade dessa relação é relatada amplamente para solos formados de rochas sedimentares. No presente estudo apesar de tratar-se de solos originados de riolito, uma rocha cristalina (vulcânica), os altos valores da relação silte/argila que indicariam um estágio incipiente de desenvolvimento pedogenético, é apenas resultado da herança de características do material parental, por tratar-se de uma rocha com textura afanítica que origina solos onde predominam grãos mais finos.

No entanto, a composição mineralógica da fração silte, composta basicamente por quartzo, explica a ocorrência da alta proporção de grãos do tamanho de silte. Não sendo o baixo intemperismo dos minerais (e alteração

granulométrica) o fator que leva aos elevados teores de silte e conseqüentemente dos altos valores da relação silte/argila, e sim a resistência do quartzo a alteração, aliada a alta formação de silte resultado da textura fina da rocha parental.

Os valores de argila natural (dispersa em água), foram maiores nos horizontes superficiais, exceto no Perfil 1 em que a argila natural foi maior no B1, apresentando estes horizontes conseqüentemente os menores valores de grau de floculação.

É notável que o menor valor de ADA foi encontrado no horizonte A do perfil 1 localizado em área sob vegetação preservada, quando comparado com os demais perfis que se encontram em área sob uso agrícola intensivo. Onde o teor mais elevado de matéria orgânica no horizonte superficial do perfil 1, justifica tal comportamento, por influenciar uma maior disponibilidade de cargas e agregação dos solos.

Estes resultados estão relacionados a pedoturbação antrópica, com o manejo destruindo os agregados do solo e a adição de corretivos, dentre eles vinhaça e adubações com efeito dispersante, o que aumentou a ADA, e como conseqüência reduziu o grau de floculação nos horizontes mais superficiais (Silva et al., 2007).

O grau de floculação é usado na estimativa da estabilidade de agregados no solo. Os valores mais elevados do grau de floculação encontram-se nos horizontes subsuperficiais. Destaca-se o P2 com GF mais elevado que os demais perfis, sendo 100% em quase todos os horizontes. Tais valores de GF podem ser ainda indicativos de uma condição de desenvolvimento pedogenético avançado, onde a maior estabilidade de agregados é resultado pela relação entre óxidos e oxi-hidróxidos com a matéria orgânica (Sposito, 1989; Barberis et al., 1991).

O alto grau de floculação restringe a remoção e translocação de argila nos solos da topossequência, influenciando a baixa expressão do horizonte diagnóstico subsuperficial (Bt), devido ao baixo gradiente textural dos solos estudados.

Tabela 3. Atributos físicos dos perfis de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.

Horizontes	Frações da amostra total	Granulometria da TFSA							Argila dispersa em H ₂ O	Grau de flocculação	Silte	Areia Fina	Densidade		Porosidade total
		Cascalho 20-2mm %	TFSA <2mm	Areia Grossa	Areia Fina	Argila Total	Argila	Areia Grossa					Solo g cm ⁻³	Partícula g cm ⁻³	
Símbolo	Prof. cm														
P1- CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Topo															
A	0-9	0	100	24	163	187	571	242	97	60	2,36	1,14	1,16	2,50	53
AB	9-15	0	100	31	155	186	521	293	49	83	1,78	1,20	1,23	2,58	52
BA	15-27	0	100	21	150	170	488	342	98	71	1,43	1,14	1,40	2,62	47
Bi1	27-39	0	100	12	129	141	422	437	194	56	0,97	1,09	1,46	2,65	45
Bi2	39-100	0	100	19	124	143	377	480	0	100	0,79	1,15	1,48	2,67	45
C/Cr	100-115+	0	100	20	125	145	515	340	0	100	1,51	1,16	-	2,67	-
P2 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abruptico – Terço superior															
Ap	0-16	0	100	39	220	260	398	342	147	57	1,16	1,18	1,53	2,61	41
Bt1	16-34	0	100	20	117	136	287	577	0	100	0,50	1,17	1,37	2,68	49
Bt2	34-53	0	100	17	116	133	244	623	0	100	0,39	1,15	1,35	2,70	50
BC1	53-76	0	100	11	109	120	304	576	0	100	0,53	1,10	1,38	2,70	49
BC2	16-153	0	100	8	100	109	364	527	0	100	0,69	1,08	1,51	2,67	43
BC3	153-200+	0	100	9	85	94	428	479	0	100	0,89	1,11	1,49	2,70	45
P3 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Terço médio															
Ap	0-13	0	100	36	202	238	419	343	147	57	1,22	1,18	1,41	2,58	45
Bi1	13-28	0	100	14	111	126	341	534	49	91	0,64	1,13	1,42	2,61	46
Bi2	28-66	0	100	8	79	87	291	622	48	92	0,47	1,10	1,42	2,62	46
Bi3	66-135	0	100	10	98	107	315	578	48	92	0,54	1,10	1,47	2,67	45
C	135-163+	0	100	7	115	122	348	529	48	91	0,66	1,06	-	2,68	-
P4 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – Terço inferior															
Ap	0-22	0	100	23	147	170	496	334	191	43	1,49	1,15	1,41	2,65	47
BA	22-35	0	100	17	122	139	432	429	143	67	1,01	1,14	1,44	2,68	46
Bt	35-70	0	100	6	57	63	298	638	46	93	0,47	1,10	1,30	2,76	53
Bt/Cr	70-137	0	100	9	67	76	342	582	45	92	0,59	1,13	-	2,68	-
Cr/C	137-165+	0	100	87	58	145	543	312	45	86	1,74	2,51	-	2,65	-

O valor de densidade do solo (D_s) foi em média $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ nos horizontes subsuperficiais. No perfil 1 a D_s variou de $1,48$ a $1,16 \text{ g cm}^{-3}$, aumentando gradativamente em profundidade. No horizonte A dos perfis 2, 3 e 4 os valores de D_s foram mais elevados, quando comparado com o do Perfil 1, como resultado da compactação gerada pelo uso agrícola dessas áreas, com valores de $1,41$ a $1,56 \text{ g cm}^{-3}$.

A D_s foi alta em quase todos os horizontes para os quatro perfis onde apresentou distribuição no perfil com redução e posterior incremento em profundidade, observando-se o maior valor ($1,53 \text{ g cm}^{-3}$) no horizonte A do Perfil 2 e o menor ($1,16 \text{ g cm}^{-3}$) no horizonte A do Perfil 1, localizado em área sob vegetação preservada.

De maneira geral, a densidade de partículas apresentou valores em torno de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$, em todos os perfis, determinado pela natureza mineralógica das frações silte e areia, predominantemente quartzosa. Tais resultados de densidade de partículas (D_p), reflexo a composição mineralógica do solo e seu material de origem, apresentaram valores semelhantes em todos os solos ao longo da topossequência, isto está condizente com o fato dos quatro perfis serem originados do mesmo material de origem, riolito da Formação Ipojuca.

A porosidade total apresentou-se mais alta no horizonte superficial (A), em relação aos demais horizontes do perfil, apenas no perfil 1 (Tabela 3), localizado no topo da vertente e em área de vegetação preservada, refletindo condições propiciadas especialmente pela estrutura do solo neste horizonte (granular, forte e pequena a média) (Tabela 2), pela ação do sistema radicular das plantas e microrganismos do solo, e coincidindo com os maiores conteúdos de matéria orgânica (Tabela 4).

Ao longo da vertente para o perfil 1 situado no topo da vertente, foi observada maior magnitude (45-52%) dos valores de porosidade total, quando comparado as áreas de encosta. A porosidade total dos solos estudados (P_t) seguiu, de maneira geral, uma tendência inversa a densidade do solo (D_s) nos perfis 1, 2 e 4, exibindo valores mais elevados próximos a superfície e valores diminuindo em profundidade, e se manteve praticamente constante no perfil 3. Notou-se ainda que para a porosidade total, nos horizontes com maior

influência antrópica os valores são mais baixos que nos demais horizontes subsuperficiais, tendência também observado por Teixeira & Martins (2003).

Os valores mais baixos observados nos horizontes Ap dos perfis 2, 3 e 4, são resultado da compactação causada pelo uso agrícola da área, com utilização de máquinas agrícolas e tratos culturais que alteram a estrutura natural do solo (Ramos et al. 2013) (Tabela 3).

3.2.1. Superfície específica da fração argila total

Os valores de superfície específica da argila (SE) estão apresentados na Tabela 5. Tais valores foram baixos, com amplitude de 8,1 a 20,3 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ e média de aproximadamente 13 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$. Alguns valores de SE encontrados são considerados baixos ($<10 \text{m}^2 \text{g}^{-1}$) (Rolim et al., 2004).

Normalmente deveriam está entre 10 e 40 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ para solos com mineralogia predominantemente caulínica, como a dos solos estudados, com variações aceitas em decorrência da morfologia das partículas minerais principalmente do seu tamanho e forma, ou influência de outras fases minerais presente em menor proporção (Grohmann, 1972; Melo et al., 2001).

De acordo com o tipo de mineral de argila predominante variações muito expressivas nos valores de área superficial específica da fração argila podem ser observadas, visto que a caulinita apresenta superfície específica de 10 a 30 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$, os óxidos de ferro de 100 a 400 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ e minerais do tipo 2:1, a exemplo da montmorilonita (700 a 800 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$), possuem superfície específica muito alta em decorrência da elevada superfície interna desses minerais (Grohmann, 1972).

Sendo assim, é esperado que solos com avançado intemperismo, que têm nos óxidos e caulinita seus maiores constituintes da fração argila, apresentem menor superfície específica que onde ocorrem argilas silicatadas do tipo 2:1. Os valores baixos de SE encontrados em todos os perfis da topossequência estão de acordo com a mineralogia da argila, onde temos teores médios de 75% de caulinita nos solos estudados (Tabela 5).

Em quase sua totalidade, os valores de SE são próximos aos encontrados por Heckman & Rasmussen (2011), em trabalho desenvolvido com uma litossequência, onde para solos em área de riolito, localizados sob condição

climática e nível de alteração do material de origem parecidos com os de estudo, as SE foram também baixas, com variação média de 10 a 15 m² g⁻¹.

3.3 Atributos químicos

Os atributos químicos dos solos estudados estão apresentados na Tabela 4. Analisando-se os dados químicos de rotina para os 4 perfis, observou-se que a posição na encosta pouco diferenciou as características químicas dos mesmos, com diferenças observadas principalmente no perfil 1, localizado no topo da encosta e sob área preservada, em relação aos demais.

Todos os perfis estudados apresentaram elevada acidez e baixo teor de cátions básicos proporcionado pelo material de origem. Em geral, observou-se reação fortemente a extremamente ácida em todos os perfis estudados, com pH em água variando de 4,1 a 4,6 em profundidade em todos os perfis, e com valores de pH em água maiores que aqueles observados em KCl.

Tal comportamento indica a predominância de cargas negativas no complexo de troca. A acidez dos solos, caracterizada pelo Al e H+Al, pode ser indicadora de intemperismo avançado, a forte acidez nos solos estudados é esperada, uma vez que a acidificação é comum em solos derivados de material originário pobre em bases.

Tais resultados são semelhante aos obtidos por Heckman & Rasmussen (2011) estudando solos desenvolvidos da alteração de riolito, com valores de pH em água e pH KCl médios de 5,2 e 3,7, respectivamente.

Quanto aos teores de cálcio e magnésio verifica-se maiores teores no horizonte mais superficial do perfil 1 em relação aos demais. Isso é compatível com a dinâmica da ciclagem de nutrientes no solo e com a condição ambiental em que o mesmo está inserido.

Os perfis 2, 3 e 4 da topossequência não apresentaram o mesmo comportamento quando comparados ao perfil 1, quanto aos teores de cálcio e magnésio no horizonte superficial (A). Tais teores foram similares aos dos demais horizontes, isso pode ser atribuído ao uso agrícola na área, com realização de práticas de calagem e aplicação de gesso agrícola, e ao menor aporte de compostos orgânicos é observado. No entanto, teores elevados

desses cátions não seriam esperados mesmo sob condição de restrição de drenagem, visto que o material de origem da topossequência de estudo tem minerais constituintes que forneceriam tais elementos, porém os mesmos já foram alterados pela ação dos processos de intemperismo e pedogênese atuantes, como constatado na composição mineralógica do solo.

Os teores de sódio e potássio trocáveis também foram baixos em todos os solos estudados. Em geral os teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis foram mais elevados no perfil 1, sendo 2,77, 0,52 e 0,17 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, respectivamente, no horizonte A. Esses resultados podem ser atribuídos ao uso do solo, visto que o perfil 1 está em área com vegetação secundária preservada, e os perfis P2, P3 e P4 estão em área sob manejo agrícola convencional.

A soma de bases (SB) de todos os perfis decresce em profundidade, exceto no Perfil 4 que apresenta os maiores valores nos horizontes Bt e Bt/Cr. Os perfis apresentam SB variando de 1,4 a 3,7 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no perfil 1; 0,8 a 2,3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no perfil 2; 0,8 a 1,7 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no perfil 3 e 1,7 a 2,3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no perfil 4.

A perda de bases nos perfis é resultado da lixiviação de materiais promovida pelas condições ambientais local (temperatura e precipitação elevadas e boa drenagem), e associado ao baixo teor de nutrientes no material de origem dos solos, favorecem os baixos níveis de bases trocáveis observado.

A saturação por bases é um parâmetro de grande importância, pois é um indicador direto da fertilidade dos solos. Observou-se grande amplitude nos dados de saturação por bases (V%) nos horizontes superficiais. Observou-se que os dados variaram de 11,2 % no horizonte Ap do perfil 4 a 22,7 % no horizonte Ap do perfil 2. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os valores variaram de 6,7 % no horizonte C do perfil 3 a 26,4 % no horizonte Bi1 do perfil 1.

Tais valores da saturação por bases (V%) indicam solos distróficos ao longo da topossequência estudada, condizente com o elevado grau de intemperismo identificado pelas análises químicas, mineralógicas e os elevados valores do índice de intemperismo CIA (Tabela 5) em todos os horizontes.

Tabela 4. - Atributos químicos dos perfis de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém-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	P	COT	T
				 cmol _c kg ⁻¹ % ...		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
P1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Topo																	
A	0-9	4,1	3,4	-0,7	2,77	0,52	0,17	0,18	3,7	2,7	13,4	17,1	21,4	42,4	7,29	32,0	70,4
AB	9-15	4,3	3,7	-0,7	2,64	0,30	0,11	0,13	3,2	2,0	10,0	13,2	24,2	38,7	4,93	24,2	44,9
BA	15-27	4,3	3,7	-0,6	1,39	0,34	0,08	0,10	1,9	2,4	7,9	9,8	19,6	56,3	1,24	12,7	28,8
Bi1	27-39	4,6	3,8	-0,8	1,34	0,40	0,04	0,14	1,9	2,6	5,4	7,3	26,4	57,9	0,63	7,5	16,8
Bi2	39-100	4,6	3,8	-0,8	1,51	0,48	0,02	0,11	2,1	3,7	6,2	8,3	25,6	64,1	0,53	3,6	17,3
C/Cr	100-115+	4,6	3,7	-0,8	0,98	0,22	0,01	0,17	1,4	4,6	7,5	8,9	15,7	77,2	0,71	2,4	26,0
P2 – ARGISSOLO AMARELO Distrófico abrupático – Terço superior																	
Ap	0-16	4,6	3,9	-0,7	1,68	0,27	0,12	0,18	2,3	0,9	7,8	10,1	22,7	29,6	2,09	12,2	29,5
Bt1	16-34	4,4	3,9	-0,6	1,71	0,26	0,04	0,07	2,2	1,9	6,8	9,0	24,3	47,2	0,79	8,4	15,5
Bt2	34-53	4,3	3,8	-0,5	1,44	0,44	0,01	0,06	2,0	3,2	6,8	8,8	23,1	62,3	0,82	5,0	14,1
BC1	53-76	4,3	3,8	-0,5	1,40	0,21	0,00	0,20	1,9	3,5	6,7	8,7	22,0	65,4	0,70	3,5	15,0
BC2	16-153	4,3	3,8	-0,5	0,21	0,43	0,00	0,17	0,8	3,4	6,3	7,1	11,9	80,8	0,45	2,5	13,5
BC3	153-200+	4,3	3,8	-0,5	0,15	0,41	0,01	0,21	0,8	3,7	6,8	7,6	10,9	82,2	2,09	2,4	15,9
P3 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Terço médio																	
Ap	0-13	4,2	3,8	-0,4	1,15	0,38	0,04	0,06	1,7	1,5	13,0	14,6	11,4	47,2	11,03	15,3	42,7
Bi1	13-28	4,1	3,9	-0,3	1,17	0,28	0,02	0,04	1,6	2,1	11,3	12,9	12,1	58,1	2,50	8,9	24,1
Bi2	28-66	4,1	3,9	-0,3	1,41	0,37	0,03	0,04	1,9	2,6	11,9	13,8	14,0	58,4	1,31	9,1	22,2
Bi3	66-135	4,3	3,9	-0,4	1,50	0,24	0,02	0,03	1,9	2,8	10,6	12,4	15,0	60,7	0,78	4,8	21,5
C	135-163+	4,3	3,9	-0,4	0,26	0,47	0,00	0,04	0,8	3,8	11,2	12,0	6,7	82,9	0,42	3,5	22,6
P4 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – Terço inferior																	
Ap	0-22	4,2	3,7	-0,5	1,33	0,35	0,06	0,05	1,9	2,1	15,1	17,0	11,2	53,6	12,57	17,2	51,0
BA	22-35	4,3	3,8	-0,5	1,29	0,32	0,02	0,03	1,7	1,8	12,3	14,0	12,4	52,4	2,28	11,8	32,7
Bt	35-70	4,4	3,9	-0,5	1,58	0,42	0,01	0,07	2,3	2,5	12,8	15,1	15,2	54,3	1,31	9,7	23,6
Bt/Cr	70-137	4,5	3,8	-0,7	1,67	0,20	0,01	0,05	2,2	3,3	13,0	15,2	14,3	62,9	0,84	7,0	26,2
Cr/C	137-165+	4,3	3,9	-0,4	1,01	0,38	0,01	0,31	1,9	4,0	13,3	15,3	12,7	69,9	0,77	3,4	49,0

CTC: Capacidade de troca de cátions; T: atividade da fração argila; COT: carbono orgânico total; SB: soma de bases; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio;

Foram observados elevados valores de acidez trocável, em todos os perfis, com os maiores valores no horizonte mais profundo em todos os perfis. A acidez trocável representada pelos teores de Al^{3+} , nos horizontes superficiais variaram de $0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no horizonte Ap do perfil 2 a $2,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no horizonte A do perfil 1. Enquanto, nos horizontes subsuperficiais, os teores variaram de $1,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no horizonte BA do perfil 4 a $4,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no horizonte C/Cr do perfil 1. Os dados estão condizentes com Alleoni et al. (2009), onde os autores enfatizam que a medida que os solos tornam-se intemperizados, os cátions monovalentes são substituídos do complexo de troca por elementos de maior carga, em especial o Al^{3+} , levando ao caráter ácido nos solos.

A saturação por alumínio (m) apresenta, em geral, valores superiores a 50% na maior parte dos horizontes em todos os perfis. Esses valores indicam o predomínio de Al no complexo de troca. Onde a maior parte dos sítios do complexo de troca do solo é ocupada por alumínio e hidrogênio trocáveis e, ou, extraível, com os solos apresentando CTC baixa, variando de $7,1$ a $17,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, assumindo valores mais altos no perfil 4 devido provavelmente a posição mais baixa do perfil no relevo, que possibilita recepção de bases das áreas mais altas.

Em todos os perfis, os valores da CTC formam mais elevados em superfície decrescendo em profundidade, tal comportamento também foi observado quanto aos teores de COT, sendo a matéria orgânica uma fonte de cátions básicos em superfície e também cargas negativas no solo, agindo como um condicionante para o comportamento dos valores de CTC ao longo do perfil.

O processo de formação dos solos leva a perda de Si, dentre outros elementos, de forma que os minerais com maiores teores de Si (argilominerais 2:1) tornam-se instáveis e, por meio do intemperismo, formam minerais mais equilibrados nas novas condições do meio, a exemplo da caulinita e gibbsita. Como resultado destas transformações, o desenvolvimento pedogenético do solo resulta em uma redução de sua CTC.

A pequena área superficial da caulinita, mineral predominante na fração argila (Tabela 5) dos solos da topossequência, também influência na

retenção de cátions devido à baixa disponibilidade de sítios de troca, sendo mais um fator responsável pelos valores baixos de CTC encontrados. Os horizontes superficiais de todos os perfis apresentam valores CTC mais altos no perfil, decrescendo em profundidade, por ação das cargas negativas da matéria orgânica, que ocorre em maiores quantidades nos horizontes superficiais decrescendo em profundidade, e possibilita a adsorção de cátions, e sua manutenção na matriz do solo.

Caner et al. (2014), estudando solos originados de riodacitos no sul do Brasil, observaram teores de cátions básicos, assim como de Al trocável e valores de SB, V, CTC e m, semelhantes aos encontrados na topossequência de estudo.

Os teores de C orgânico foram semelhantes nos perfis P2, P3 e P4, sendo mais elevados no perfil 1 e nos horizontes superficiais (12,2 a 32 g kg⁻¹) decrescendo em profundidade, em todos os perfis.

Quanto aos conteúdos de P disponível do solo, variou de 12,57 a 0,45 mg kg⁻¹, em termos de segmentos de vertente observou-se que os dois perfis de topografia mais baixa (P3 e P4) apresentam os resultados mais elevados de fósforo disponível, possivelmente em decorrência da aplicação de insumos agrícolas nestas áreas, evidenciado pelos valores bem mais altos no horizonte superficial (A) desses perfis.

Os perfis do topo (P1) e o do terço superior (P2) apresentam menores valores que os anteriores, com maiores teores em superfície, o que pode ser explicado pelos teores relativamente mais elevados de matéria orgânica, aliados à biociclagem de nutrientes, e no caso do perfil P2 também pela aplicação de fertilizantes químicos na área.

3.3.1. Extrações Seletivas e Total de Ferro

Os valores e as relações entre os teores de ferro, sob as formas de elemento total obtido por extração sulfúrica (Fe_t), formas pedogênicas (Fe_d) e formas pedogênicas de baixa cristalinidade (Fe_o) são apresentados na Tabela 5.

As amostras apresentaram a amplitude de valores nas extrações total e seletivas de ferro seguinte: 0,80 a 3,7 dag kg⁻¹ de Fe_t extraído com H₂SO₄ concentrado, 0,40 a 3,48 dag kg⁻¹ de Fe_d extraído com DCB (soma

das 3 extrações) e 0,23 a 0,71 dag kg⁻¹ de Fe_o extraído com oxalato de amônio 0,2 mol L⁻¹.

Os valores de Fe_d mais elevados foram observados nos perfis 2 e 3, seguidos pelo 1 e 4. Tais valores ficaram entre 3,48 e 2,24 dag kg⁻¹ nos horizontes diagnósticos dos perfis da topossequência estudada, e foram inferiores aos encontrados por Kämpf & Schwertmann (1995), em saprolitos de basaltos e riolitos (4,7 a 3,54 dag kg⁻¹). De acordo com Pötter & Kämpf (1981) e Kämpf & Dick (1984), rochas mais ácidas, a exemplo do riolito e dacito, conferem aos solos menor valor de Fe_d que rochas básicas.

Os valores de Fe_d, mais elevados são encontrados nos horizontes diagnósticos subsuperficiais para os perfis 1, 3 e 4, e no horizonte BC do perfil 2, ocorrência condizente com as condições físico-químicas propícias a formação de óxidos de ferro, nessa porção do perfil evidenciadas pela cor expressa nos horizontes, e presença de mosqueados ou coloração variegada (Figuras 3 a 6), feições observadas na morfologia dos perfis.

A extração seletiva da totalidade de óxidos de ferro pedogênico (Fe_d) abrange os óxidos cristalinos (hematita e goethita), os de baixa cristalinidade e os não cristalinos, originados durante a formação do solo, e pode variar de acordo com o material de origem do solo. As formas de óxidos de ferro de baixa cristalinidade foram encontradas em uma proporção considerável, e podem corresponder até 98% do teor de Fe_d no horizonte AB do perfil 1.

Valores de Fe_o nos horizontes superficiais, em diversos outros estudos, apresentando valor superior aos dos demais horizontes, são relacionados à complexação do Fe pela matéria orgânica (Tabela 4.) presente em maior proporção nesses horizontes superficiais, a qual retarda a cristalização dos óxidos de Fe. De acordo com Schwertmann (1966) os grupos funcionais da matéria orgânica bloqueiam o crescimento dos cristais devido à alta afinidade que possuem com sítios superficiais desses minerais. Os teores mais elevados de matéria orgânica nestes horizontes são confirmados pelos valores de C orgânico (Tabela 4).

No entanto, este comportamento não foi observado nos perfis estudados, com os teores de Fe_o mais altos nos horizontes Bi2, Bt2, Bi2 e BA, dos perfis 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Minerais de baixa cristalinidade

são relatados em vias de intemperismo como possíveis precursores de minerais secundários, sendo observada nestes horizontes a atuação de reações do intemperismo químico, com variadas cores no solo evidenciando a diversidade de fases minerais oxídicas intermediárias no processo de alteração intempérica de minerais (goethita e hematita).

Na relação Fe_o/Fe_d , é inferido o grau de cristalinidade dos óxidos. Os valores dessa relação indicam que formas cristalinas prevalecem sobre as de baixa cristalinidade com valores bastante distintos, na maioria dos horizontes com valores variando entre 0,12 e 0,47.

As formas cristalinas dos óxidos de ferro são superiores nos horizontes mais profundos em todos os perfis, demonstrado pelos valores mais baixos ($< 0,5$) da relação Fe_o/Fe_d . Nos horizontes próximos a superfície o maior teor de matéria orgânica atua como inibidor da cristalização dos óxidos de ferro, apresentando relação maior que 0,5. Assim, a presença de material de baixa cristalinidade é maior nos horizontes superficiais em todos os perfis.

O perfil 1 apresenta, de forma geral, os maiores teores de Fe mal cristalizados (Fe_o) ao longo do perfil, possivelmente por ser área nativa e receber maior aporte de material orgânico ao longo da sua pedogênese, o qual é acumulado e por translocação movimentado para horizontes mais profundos pela ação da atividade microbiana, influenciando os horizontes subsuperficiais ao longo do perfil. No entanto, o valor mais elevado ($0,71 \text{ g kg}^{-1}$) de Fe_o foi observado no horizonte Bt_2 do perfil 2.

Heckman & Rasmussen (2011) estudando solos desenvolvidos da alteração de riolito, granito, basalto e limestone em uma litossequência no sudoeste dos Estados Unidos, também encontraram valores relativamente baixos de oxidróxidos de Fe, dominado por fases cristalinas em área de riolito, com pequenas quantidades de fases de baixa cristalinidade, como evidenciado pela baixa relação Fe_o/Fe_d .

A estimativa de Fe em minerais pedogenéticos em relação aqueles em minerais pedogênicos e litogênicos é realizada por meio da relação Fe_d/Fe_t . Sendo assim nas amostras de terra fina, verificou-se que os horizontes superficiais apresentaram valores inferiores, com menores valores nos horizontes superficiais dos perfis P1 e P4 (0,47 e 0,36).

Tabela 5. Teores de Fe₂O₃ – extraídos por DCB e OAA, e suas respectivas relações; quantificação de caulinita e gibbsita na fração argila; valor da área superficial específica da argila e índice de intemperismo CIA nos horizontes dos perfis de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém-PE

Horizonte	Prof. cm	Fe _d g kg ⁻¹	Fe _o	Fe _o /Fe _d	Fe _d /Fe _t	Ct %	Gb	SE _{arg} m ² g ⁻¹	CIA
P1– CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Topo									
A	0-9	0,54	0,43	0,79	0,47	80,5	0,7	8,1	97,57
AB	9-15	0,51	0,47	0,92	-	-	-	-	98,99
BA	15-27	0,71	0,51	0,72	-	-	-	-	99,58
Bi1	27-39	1,26	0,35	0,28	-	64,3	0,003	13,1	99,77
Bi2	39-100	3,22	0,62	0,19	0,88	-	-	17,8	99,48
C/Cr	100-115+	1,81	0,47	0,26	0,61	64,0	0,003	20,3	99,68
P2 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abruptico – Terço superior									
Ap	0-16	0,59	0,34	0,58	0,73	85,0	nd	11,0	99,69
Bt1	16-34	2,00	0,32	0,16	-	-	-	12,6	99,74
Bt2	34-53	1,88	0,71	0,38	0,60	83,8	nd	17,3	99,94
BC1	53-76	2,08	0,62	0,30	-	-	-	-	99,95
BC2	16-153	1,95	0,58	0,30	-	-	-	-	99,95
BC3	153-200+	2,24	0,52	0,23	0,80	76,1	nd	16,9	99,79
P3 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Terço médio									
Ap	0-13	0,72	0,37	0,51	0,79	81,5	nd	12,4	99,65
Bi1	13-28	1,49	0,37	0,25	-	-	-	13,7	99,50
Bi2	28-66	2,36	0,57	0,24	0,76	89,2	nd	10,8	99,83
Bi3	66-135	3,48	0,43	0,12	-	-	-	-	99,73
C	135-163+	2,2	0,29	0,13	0,74	62,5	nd	8,8	99,91
P4 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – Terço inferior									
Ap	0-22	0,52	0,40	0,76	0,36	76,2	nd	9,2	99,50
BA	22-35	0,62	0,61	0,98	-	-	-	-	99,79
Bt	35-70	2,41	0,51	0,21	0,83	88,9	nd	8,3	99,93
Bt/Cr	70-137	1,63	0,24	0,15	-	-	-	14,8	99,94
Cr/C	137-165+	0,67	0,23	0,33	0,39	60,4	0,006	8,1	99,93

Fe_d= Fe extraído por DCB; Fe_o= Fe extraído por Oxalato ácido de amônio; CIA= Índice de Alteração Química; Ct= Caulinita; Gb=Gibbsita; Fe_t= Fe extraído por digestão sulfúrica, nd=não detectado.

Enquanto os horizontes subsuperficiais apresentaram valores mais elevados da relação Fe_d/Fe_t , 0,88 no horizonte Bi do P1 e 0,83 no horizonte Bt do P4 foram as maiores relações encontradas na topossequência.

Esses valores da relação Fe_d/Fe_t nos solos estudados indicam que da totalidade de ferro alocado em alumino-silicatos primários e secundários, assim como em óxidos pedogênicos e litogênicos (Fe_t), em média 65% do Fe está na forma de óxidos de ferro pedogênicos (Fe_d).

Tabela 6. Teores de Si, Al e Fe extraídos por digestão sulfúrica, e valores de Ki e Kr nos horizontes superficial, diagnóstico e inferior, dos perfis de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém-PE.

Hor.	Prof. cm	Digestão Sulfúrica			Ki	Kr
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		
dag kg ⁻¹						
P1– CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Topo						
A	0-9	10,5	7,9	1,1	-	-
Bi2	39-100	22,5	22,4	3,7	1,71	1,55
C/Cr	100-115+	20,7	20,8	3,0	1,69	1,55
P2 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abrupático – Terço superior						
Ap	0-16	8,8	9,5	0,8	1,58	1,50
Bt2	34-53	23,6	23,7	3,2	1,69	1,56
BC3	153-200+	23,8	21,6	2,8	1,88	1,73
P3 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Terço médio						
Ap	0-13	8,6	8,6	0,9	1,70	1,59
Bi1	28-66	24,9	23,0	3,1	1,84	1,69
C	135-163	25,4	22,3	3,0	1,94	1,79
P4 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – Terço inferior						
Ap	0-22	10,9	8,3	1,1	-	-
Bt	35-70	20,0	23,5	2,9	1,45	1,34
Cr/C	137-165	25,9	20,5	1,7	-	-

A quantidade de óxidos de Fe mais cristalinos (hematita e goethita) obtida foi baixa (Tabela 5 e Figura 12) quando comparada a solos derivados de material de origem rico em ferro, como o basalto (Ghidin, 2003).

Nos solos estudados, devido a condição de oxirredução do Fe proporcionada pelos microsítios aeróbios e anaeróbios na matriz do solo, a quantidade de Fe na forma oxidada foi extremamente baixa, confirmando a

dificuldade de identificação de óxidos por DRX, tal quantidade de ferro livre foi suficiente para a formação de goethita. No entanto, a baixa intensidade dos picos característicos desse mineral, indica baixa ocorrência do mesmo nos solos estudados.

Em todas as amostras da topossequência os teores de hematita foram inferiores aos de goethita, ou nem foi possível sua identificação, isso devido à pobreza do material de origem em Fe, associado à ação complexante da matéria orgânica próxima a superfície, o que favorece a formação de goethita em detrimento da hematita (Kampf & Schwertmann, 1982; Schwertmann & Taylor, 1989).

3.4. Análise Mineralógica

Os resultados obtidos quanto à composição mineralógica dos solos em todas as frações analisadas (areia fina, areia grossa, silte e argila) demonstrou o predomínio de minerais silicatados, com pequenas variações em toda a topossequência.

3.4.1 Mineralogia do Riolito da Formação Ipojuca

A figura 7 apresenta a avaliação mineralógica por DRX realizada no material de origem, amostra do riolito da Formação Ipojuca, coletado na área de estudo.

De acordo com a análise mineralógica a rocha é constituída predominantemente por quartzo e feldspato plagioclásios e ortoclásios. Não foi identificado a presença de micas ou outros minerais acessórios, possivelmente devido ao limite de detecção elevado (4-5%) da técnica de difratometria de raios-X.

Considerando o fato de a topossequência ser formada por solos autóctones, a composição mineralógica do riolito contribuirá para a constituição mineralógica dos solos subjacentes, a mineralogia da rocha parental permite explicar os elevados teores de quartzo nas frações areia e silte, e composição caulínica da fração argila, apresentando apenas poucos traços de feldspatos.

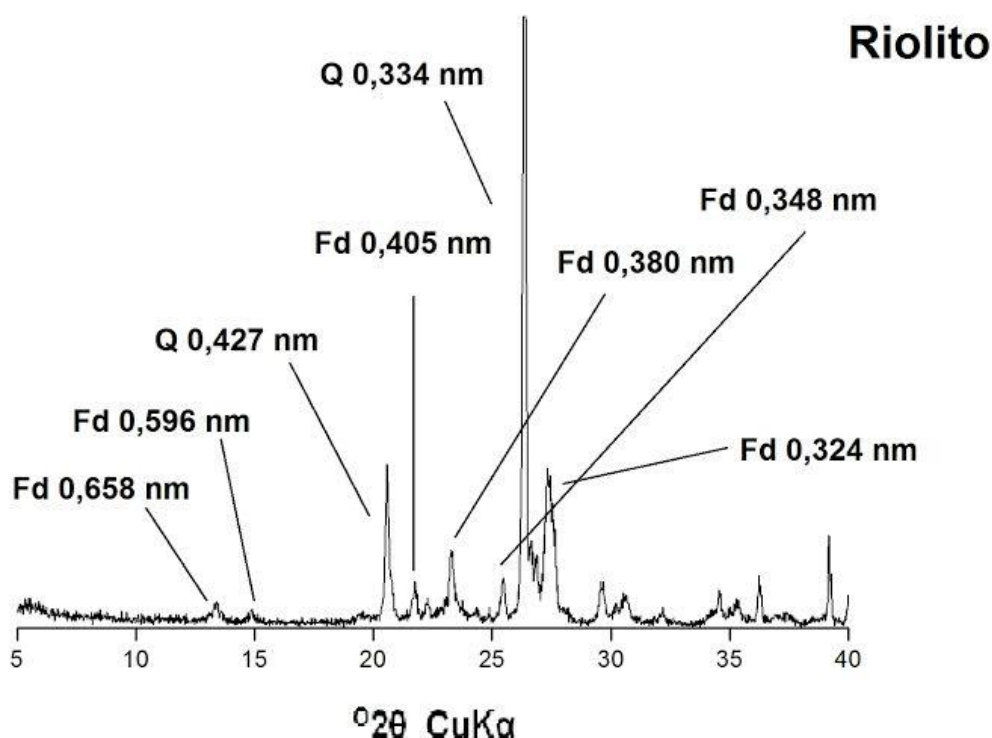


Figura 7. DRX do riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém-PE. Fd=Feldspato, Q=quartzo

A geologia da área de coleta dos perfis que compõem a topossequência está de acordo com o estudo realizado por Nascimento et al. (2008) que indicam que a principal formação litoestratigráfica magmática da região é a Formação Ipojuca, apresentado dentre suas litologias o riolito, já sendo indicada sua localização em mapas geológicos (CPRM, 2001; SIGRE, 1999).

3.4.3. Mineralogia das Frações Areia Fina e Areia Grossa

Os resultados referentes à constituição mineralógica das frações areia fina (AF) e areia grossa (AG), determinadas por microscopia óptica, estão apresentados na tabela 7.

Os minerais constituintes da AG são semelhantes àqueles encontrados na AF, ou seja, o predomínio do quartzo seguido por fragmentos de rocha, fragmentos orgânicos e agregados argilosos a ferrosos, com pequena proporção de outros constituintes.

Heckman & Rasmussen (2011), caracterizando a mineralogia do solo originado de riolito, também identificaram o quartzo como mineral mais

abundante nas frações areia e silte. Nos saprolitos, os minerais primários como feldspatos ortoclásios e plagioclásios, menos resistentes ao intemperismo, sofrem alterações, promovendo o aumento relativo de quartzo nas frações mais grosseiras (areia e silte) e a formação de caulinita/haloisita na fração argila, como observado na mineralogia dos quatro perfis.

Foi identificada similaridade na frequência e distribuição dos minerais entre as frações AG e AF, sendo os agregados argilosos a ferrosos, formados por concreções ou nódulos de Fe, e ainda por agregados de argila, presentes em quantidade de até 5% na AG do horizonte C/Cr do perfil 1.

A fração AG do horizonte C/Cr do perfil 4, é formada por 100% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados sub a bem arredondados, os tais fragmentos do material de origem são compostos basicamente por quartzo e feldspatos, onde a alteração dos feldspatos está formando caulinita nos solos estudados. Processos de alteração dos feldspatos levando a formação de óxidos também estão ocorrendo, sendo indicados pelas colorações amarelada e avermelhada observadas.

Também foram identificados outros minerais na fração areia dos solos estudados, tais como muscovita, sericita, ilmenita, mica e traços de minerais opacos, em pequena quantidade.

É importante destacar que foi identificado traços de feldspatos na AG do horizonte BC3, e na AG e AF do horizonte Ap, dos perfis 2 e 4, respectivamente, sendo um mineral primário constituinte da rocha originária desses solos.

Nas frações areia fina e grossa de todos os horizontes, a ocorrência de minerais opacos com forte atração magnética, confirma a ocorrência de magnetita na fração areia, óxido primário que durante a pedogênese é alterado em fase inicial para maghemita.

Também foi identificado um pico característico de magnetita/maghemita na fração argila dos solos estudados. Tais óxidos são alterados em estágios mais avançados de intemperismo, servindo como precursores para formação de goethita e hematita, fases minerais identificadas na mineralogia da fração argila (Dixon & Weed, 1977).

3.4.2. Mineralogia da Fração Silte

De acordo com os resultados obtidos por meio das análises por DRX da fração silte, os solos estudados apresentaram uma uniformidade na sua mineralogia, como pode ser observado na Figura 8. A fração silte de todas as amostras é constituída por quartzo, com exceção de alguns horizontes subsuperficiais, onde também pode ser observada a presença de caulinita.

O predomínio do quartzo na fração silte desses solos deve-se a sua maior resistência ao intemperismo, quando comparado a outras fases minerais, como feldspatos e micas (Oliveira et al., 2004). Além da composição mineralógica da rocha, que serve de material de origem desses solos, e do avançado estágio de alteração das fases minerais primárias nele presentes.

O quartzo também presente como mineral predominante na fração areia dos solos da topossequência, possui elevada resistência ao intemperismo químico, levando aos teores elevados de silte na granulometria dos solos. Os picos do quartzo no silte, também podem está relacionado à alteração física de minerais herdados do material de origem.

A caulinita é um mineral que ocorre comumente na fração argila dos solos, sua presença na fração silte pode indicar a ocorrência de pseudomorfos de caulinita, que pode ser formada diretamente do intemperismo dos feldspatos, encontrada nas rochas (Pinto et al., 1972; Nesbitt & Young, 1984).

O material de origem dos solos estudados é o riolito, rocha cristalina que contém mica como mineral acessório, onde a presença desse mineral foi observada na microscopia óptica da fração areia grossa do horizonte Ap do perfil 4 (Tabela 7), este mineral também pode ser alterado em vias de intemperismo formando pseudomorfos de caulinita (Pinto et al.1972).

Os cuidados tomados na obtenção das frações granulométricas (areia, silte e argila) dos solos estudados, possibilitaram a obtenção de alta confiabilidade no que se refere à ocorrência de pseudomorfos de caulinita na fração silte, descartando a possibilidade de se tratar de contaminação da fração silte com partículas de argila.

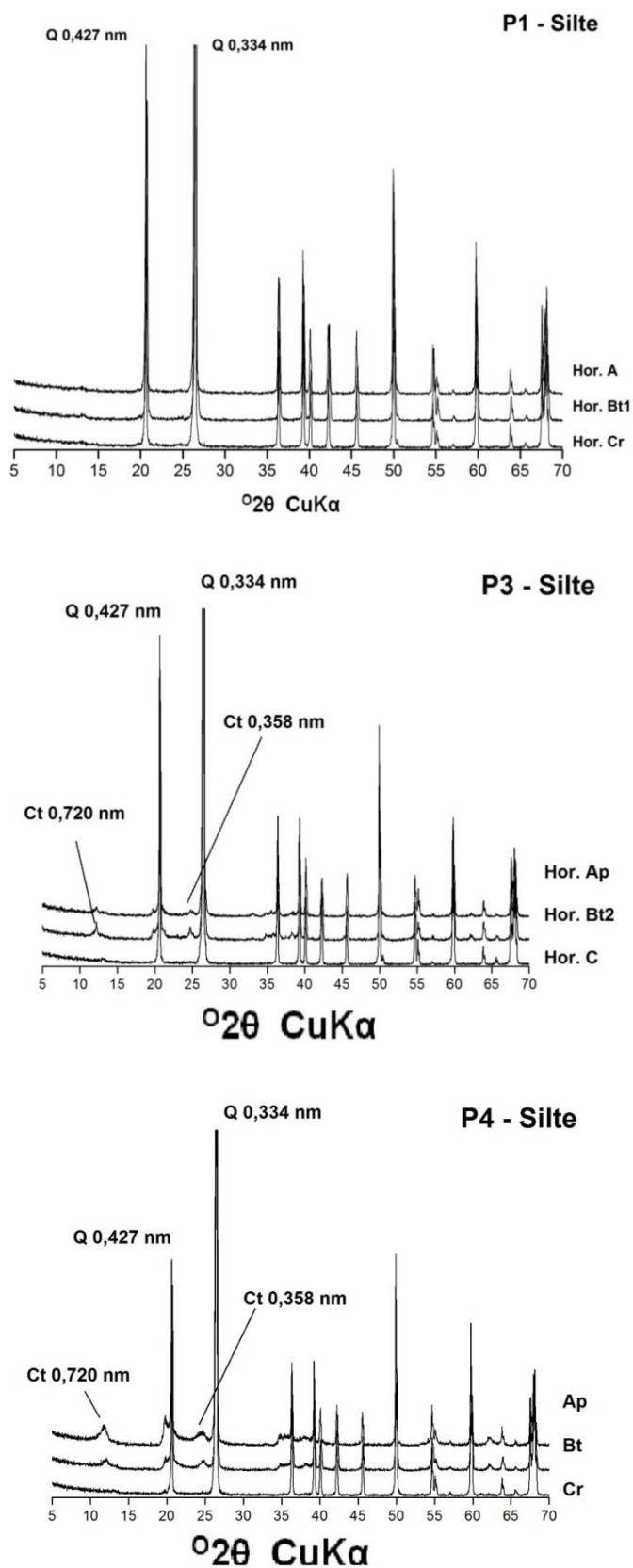


Figura 8. DRX da fração silte dos perfis P1, P3 e P4 Ct=Caulinita; Q=quartzo

Tabela 7. Composição das frações areia grossa (AG) e areia fina (AF) dos horizontes superficial, diagnóstico e inferior, dos perfis de uma topossequência de riolito da Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE.

Horizonte		Quartzo	Feldspato	Fragmentos Orgânicos	Outros
P1- CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Topo					
A	AG	94% de quartzo com coloração hialino, amarelados de grãos simples cristalino de estrutura angulosa e subangulosa	–	4% de fragmentos orgânicos formados de carapaça de animal, carvão e raízes	traços de minerais opacos dentre esses magnético com forte atração magnética; agregados argilosos a ferrosos, somando com os magnéticos 1%; 1% de fragmentos de rocha branco, subarredondados
	AF	98% de quartzo de coloração hialino, amarelados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	1% de fragmentos orgânicos formados de carapaça de animal e carvão	traços de minerais opacos dentre esses magnético com fraca atração magnética; agregados argilosos a ferrosos somando aos magnéticos e a presença dos fragmentos de rocha branco, avermelhados subarredondados, quantificam 1%
Bi1	AG	93% de quartzo de coloração hialino, amarelados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	2% de fragmentos orgânicos formados de raízes e casca de árvores	traços de minerais opaco dentre esses magnético com fraca atração magnética; 3% de agregados argilosos a ferrosos, os ferrosos são mais achatados; 2% de fragmentos de rocha branco, amarelados, avermelhados sub a bem arredondados
	AF	98% de quartzo de coloração hialino, amarelados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	<1% de fragmentos orgânicos formados de raízes	1% de agregados argilosos a ferrosos e fragmentos orgânicos; 1% de fragmentos de rocha branco, amarelados subarredondados
Bi2	AG	1% de quartzo de coloração hialino de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–		traços de mineral opaco dentre esses magnético com fraca e forte atração magnética e presença dos agregados argilosos somam 1%; 98% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados de sub a bem arredondados

Continua...

Horizonte		Quartzo	Feldspato	Fragmentos Orgânicos	Outros
P1- CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Topo					
Bi2	AF	55% de quartzo de coloração hialino, amarelados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	–	minerais opacos dentre esses magnético com fraca e forte atração magnética e presença dos agregados argilosos a ferrosos somam 1%; 44% de fragmentos de rocha de coloração brancos, avermelhados de sub a bem arredondados
C/Cr	AG	<1% de quartzo de coloração hialino de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa a subangulosa	–	<1% de fragmentos orgânicos (raízes)	mineral opaco dentre esses magnético com fraca e forte atração magnética, presença de fragmentos orgânicos (raízes), junto com os quartzos somam 1%; 5% de agregados argilosos a ferrosos; fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados de sub a bem arredondados 94%
	AF	55% de quartzo de coloração hialino de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	<1% de fragmentos orgânicos	mineral opaco dentre esses magnético com fraca atração magnética e presença de materiais orgânicos e agregados argilosos a ferrosos somam 1%; 44% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados de subarredondados
P2 – ARGISSOLO AMARELO Distrófico abruptico – Terço superior					
Ap	AG	93% de quartzo de coloração hialino de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	5% de fragmentos orgânicos, formados de raízes, carvão e carapaça de animal	traços de minerais opacos dentre esses magnético com fraca atração magnética; traços de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados de sub a bem arredondados; 2% de agregados argilosos a ferrosos
	AF	99% de quartzo de coloração hialino, amarelados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	1% de fragmentos orgânicos, formados de carvão, carapaça de animal e tecido vegetal	–

Continua...

Horizonte		Quartzo	Feldspato	Fragmentos Orgânicos	Outros
P2 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abruptico – Terço superior					
Bt1	AG	50% de quartzo de coloração hialino de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	49% de fragmentos orgânicos formados de raízes e carapaça de animal	1% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados de sub a bem arredondados
	AF	98% de quartzo de coloração hialino acinzentado de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	<1% de materiais orgânicos formados de raízes, carapaça de animal,	1% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados subarredondados; traços de ilmenita (preto, brilho metálico, traço preto acinzentado); <1% de agregados argilosos
Bt2	AG	80% de Quartzo de coloração hialino de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	10% de fragmentos orgânicos, formados de raízes	10% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados de sub a bem arredondados
	AF	96% de quartzo de coloração hialino, amarelados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	–	2% de agregados argilosos a ferrosos; 2% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, subarredondados
BC3	AG	15% de quartzo de coloração hialino, brancos, amarelados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	traços de feldspato rosa com baixo grau de alteração perceptível pelo brilho, presença de clivagem	traços de fragmentos orgânicos (tecido vegetal)	traços de mineral magnético com alto magnetismo; 5% de agregados argilosos a ferrosos, com predomínio dos ferrosos; 80% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados de sub a bem arredondados
	AF	95% de quartzos de coloração hialino, amarelados, avermelhados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	–	2% de agregados argilosos a ferrosos; 3% de fragmentos de rocha de coloração brancos, subarredondados

Continua...

Horizonte		Quartzo	Feldspato	Fragmentos Orgânicos	Outros
P3 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Terço médio					
Ap	AG	98% de quartzo de coloração hialino, brancos, amarelados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	1% de fragmentos orgânicos, formados de raízes, carvão e carapaça de animal	traços de mineral magnético com alto magnetismo; traços de ilmenita (preto, brilho metálico, traço preto acinzentado); 1% de agregados argilosos a ferrosos; fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados subarredondados; muscovita pouco alterada com brilho vítreo, bem incolor e bordas resistentes; ceressita
	AF	99% de quartzo de coloração hialino, de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	1% de materiais orgânicos, formados de raízes, carvão e carapaça de animal	Traços de agregados argilosos
Bi1	AG	92% de quartzo de coloração hialino, amarelados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	3% de fragmentos orgânicos, formados de raízes, carvão, tecido vegetal e carapaça de animal	traços de ilmenita (preto, brilho metálico, traço preto acinzentado); agregados argilosos a ferrosos; 5% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados subarredondados a bem arredondados
	AF	99% de quartzo de coloração hialino, de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	<1% de fragmentos orgânicos, formados de carvão e carapaça de animal	<1% de agregados argilosos a ferroso e fragmentos de rocha de coloração brancos, avermelhados subarredondados a bem arredondados
Bi2	AG	80% de quartzo de coloração hialino, amarelados, branco de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	10% de fragmentos orgânicos (raízes, carvão, tecido vegetal)	Traços de mineral magnético com forte atração magnética; 2% de agregados argilosos a ferrosos os ferrosos são mais tabulares; 8% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados subarredondados a bem arredondados

Continua...

Horizonte		Quartzo	Feldspato	Fragmentos Orgânicos	Outros
P3 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico – Terço médio					
Bi3	AF	99% de quartzo de coloração hialino, de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	<1% de fragmentos orgânicos (carvão)	ilmenita (preto, brilho metálico, traço preto acinzentado), agregados argilosos a ferroso e fragmentos de rocha de coloração brancos, avermelhados subarredondados, juntos somam <1%
C	AG	N.D.	–	N.D.	N.D.
	AF	99% de quartzo de coloração hialino, de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	–	1% de agregados argilosos a ferroso, os ferrosos são mais tabulares; traços de fragmentos de rocha de coloração brancos, subarredondados
P4 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – Terço inferior					
Ap	AG	92% de quartzo de coloração hialino de grãos simples cristalinos, com incrustações amareladas e avermelhadas, de estrutura angulosa e subangulosa	< 1% de feldspatos branco, cinza e verde acinzentado	6% de fragmentos orgânicos, formados de carvão, carapaça e raízes	mineral magnético com forte atração magnética, mica esverdeada (provável clorita) e grumos de ceressita, juntos somam menos de 1%; 1% de agregados argilosos a ferrosos, os ferrosos são mais arredondados com traços amarelados
	AF	95% de quartzo de coloração hialino, amarelados e avermelhados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	traços de feldspato cinza	5% de fragmentos orgânicos, formados de carvão e carapaça	traços de agregados argilosos
Bt	AG	47% de quartzo de coloração hialino de grãos simples cristalinos, com incrustações amareladas de estrutura angulosa e subangulosa	–	50% de materiais orgânicos, formados de carvão e raízes	traços de mineral magnético com forte atração magnética; 1% de agregados argilosos a ferrosos; 2% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados subarredondados a bem arredondados

Continua...

Horizonte		Quartzo	Feldspato	Fragmentos Orgânicos	Outros
P4 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – Terço inferior					
Bt	AF	99% de quartzo de coloração hialino, amarelados e avermelhados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	< 1% de material orgânico (carvão e carapaça)	agregados argilosos a ferrosos, ceressita e fragmentos de rocha brancos e subarredondados juntos somam < 1%
Bt/Cr	AG	89% de quartzo de coloração hialino de grãos simples cristalinos, com incrustações amareladas de estrutura angulosa e subangulosa	–	10% de fragmentos orgânicos, formados de carapaça e raízes	agregados argilosos a ferrosos com os fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, subarredondados somam 1%
	AF	99% de quartzo de coloração hialino, amarelados e avermelhados de grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	<1% de fragmentos orgânicos, formados de carvão e carapaça	traços de ilmenita, agregados argilosos a ferrosos e fragmentos orgânicos, juntos somam 1%
Cr/C	AG	–	–	–	100% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados, avermelhados sub a bem arredondados
	AF	45% de quartzo de coloração hialino, grãos simples cristalinos de estrutura angulosa e subangulosa	–	–	Agregados argilosos a ferrosos; 55% de fragmentos de rocha de coloração brancos, amarelados e avermelhados, subarredondados

AF: Areia Fina; AG: Areia Grossa; N.D. Não determinado;

3.4.1. Mineralogia da Fração Argila

Na fração argila dos solos estudados a caulinita foi identificada como mineral dominante, seguida por menores proporções de feldspatos, óxidos de ferro (goethita e hematita) e haloisita.

A caulinita é um mineral comumente formado em ambientes que associam clima quente e úmido, sendo originada de muitos minerais primários (micas e feldspatos) e secundários (filossilicatos 2:1) no processo de monossilitização, com remoção parcial de cátions básicos e de Si, durante o período intermediário do intemperismo de diversos minerais (Kämpf et al., 2009).

As condições de drenagem dos solos que compõem a topossequência de estudo não favorecerem a total remoção de cátions básicos e sílica, sobretudo nos horizontes subsuperficiais. No entanto, verifica-se que mesmo sob tais condições de drenagem todos os horizontes apresentam caulinita como mineral dominante na fração argila. Os picos de difração da caulinita são mais intensos nos horizontes superficiais, principalmente quando comparados aos picos relativos aos demais minerais presente. Este comportamento certamente se deve a ação mais intensa do intemperismo na superfície do solo (Moniz et al. 1990,).

Na Figura 9 está o DRX da fração argila dos horizontes do P1, o do P3 representativo também para o perfil P2 consta na Figura 10. E na Figura 11, estão os DRX dos horizontes do P4. Embora seja semelhante aos DRX de P1, a intensidade do pico de difração da caulinita (na argila natural) no P4 foi inferior ao dos demais perfis. Em todos os perfis a intensidade do pico de difração da caulinita decresceu em profundidade, indicando uma possível redução da cristalinidade da caulinita nos horizontes mais próximos ao saprolito.

Ainda na amostra de argila natural pode ser observada na DRX alteração do pico característico da caulinita (0,736 nm), com assimetria e menor intensidade no horizonte C/Cr do P4, indicativo da presença de haloisita neste horizonte. Em saprolitos derivados de riolito da Formação Serra Geral, Kämpf & Schwertmann (1995) encontraram caulinita desordenada associada à haloisita.

Alterações mais sutis (assimetria à esquerda) no pico de difração da caulinita também foram identificadas nos horizontes mais próximos ao saprolito nos perfis 3 e 4, sendo identificada a ocorrência de haloisita em P4 pelo pico característico deste mineral no DRX (1,0 nm) após a realização do teste com formamida na argila natural (Figura 11). Expressões mais claras não foram observadas nos perfis P1, P2 e P3, possivelmente devido às condições de coleta e armazenamento das amostras, que podem ter favorecido a desidratação da haloisita, e a pequena proporção da mesma na amostra, fazendo com que a haloisita seja identificada como caulinita.

A presença de haloisita também foi identificada em saprolitos de rochas de basalto e riolito por Kämpf (1995), que relata a possibilidade de parte da haloisita ter sido originada da alteração de zeólitas (Kämpf, 1995). A ocorrência de haloisita em regiões de clima tropical húmido, contudo não é comum, de acordo com Kämpf (1995). Haloisita é um argilomineral de ocorrência em áreas quentes com chuvas intensas, interrompidos por pequeno intervalo seco; solos vermelhos de regiões com períodos secos mais expressivos, como no Brasil, têm ocorrência de haloisita rara ou mais comumente ausente, sendo a caulinita o mineral comum (Yokoyama & Nakashima, 2005).

A caulinita foi identificada pelos picos de difração em 0,720 e 0,357 nm, os quais colapsaram sob tratamento de aquecimento a 550 °C. A goethita foi identificada pela presença do pico de difração em 0,418 nm nas amostras em pó de argila natural em todos os perfis, exceto nos horizontes Bt/Cr e Cr/C do perfil 4.

O relevo e drenagem do solo são fatores que influenciam as características do intemperismo (Douglas, 1986). Nas partes superior e média da vertente, áreas melhor drenadas, a caulinita tenderá a ser o mineral de argila dominante, no entanto em condições de drenagem menos eficiente ou impedida nas áreas mais baixas da encosta, tende a predominar minerais primários e filossilicatos 2:1, característicos de solos mais jovens (micas ou minerais 2:1) (Irfan, 1996).

Essa variação na composição mineralógica dominante da fração argila ao longo da vertente, não foi observada na topossequência estudada, onde predominou caulinita em todos os perfis, isso condicionado pela pelas fortes

condições de intemperismo, evidenciada pelos altos valores do índice de intemperismo CIA nesses solos (Tabela 5).

Mudanças de disponibilidade e movimentação de água, também pode ter forte influência sobre a assembléia de minerais de argila atual desses solos. A presença de goethita foi confirmada em análises de DRX pelos picos de difração Gt (101) em 0,418 nm; Gt (111) em 0,270 nm, nas amostras do concentrado de óxidos. Já a hematita foi identificada nos perfis da topossequência de estudo, apenas na amostra de concentrado de óxidos, apesar da cor vermelha (matiz 2,5 YR) (Figura 12).

A dominância de goethita, dentre os óxidos de ferro, nesses solos é consequência da baixa disponibilidade ferro e da alta umidade da área de estudo exposta a um clima tropical.

A formação de hematita é um forte indício de ocorrência de microsítios mais secos em horizontes subsuperficiais, onde a percolação da água está ocorrendo por meio de caminhos preferências devido a formação de blocos do saprolito durante sua alteração, isso possibilita a formação de zonas de alteração diferenciadas, e o desenvolvimento da coloração variegada observada nos perfis (Yokoyama & Nakashima, 2005).

A magnetita, mineral primário identificado em pequenas quantidades na fração areia dos solos, e a maghemita oriunda da alteração da magnetita, são os principais precursores dos óxidos de ferro (goethita e hematita) identificados na fração argila, sendo também identificada maghemita na fração argila de alguns horizontes (Gallagher et al., 1968; Cornell & Schwertmann, 1996).

Os dados da análise térmica gravimétrica (Tabela 5) são condizentes e confirmam as informações obtidas com a mineralogia da fração argila por DRX, que indica predomínio de caulinita em todos os solos estudados (Fig. 9, Fig.10, Fig.11, Fig.12). As quantidades desse mineral variaram em torno de 75% em todos os perfis da topossequência. Do ponto de vista quantitativo obteve-se por análises de TG a indicação de que não existe variação no conteúdo de caulinita na fração argila, em função da posição do solo na paisagem.

A dominância de caulinita nos solos estudados é compatível com o material de origem, rico em feldspato, um dos principais precursores da caulinita (Mielniczuk, 1977; Dixon, 1989). Os valores de quantificação da caulinita e gibbsita, determinados por TG, encontram-se na Tabela 5.

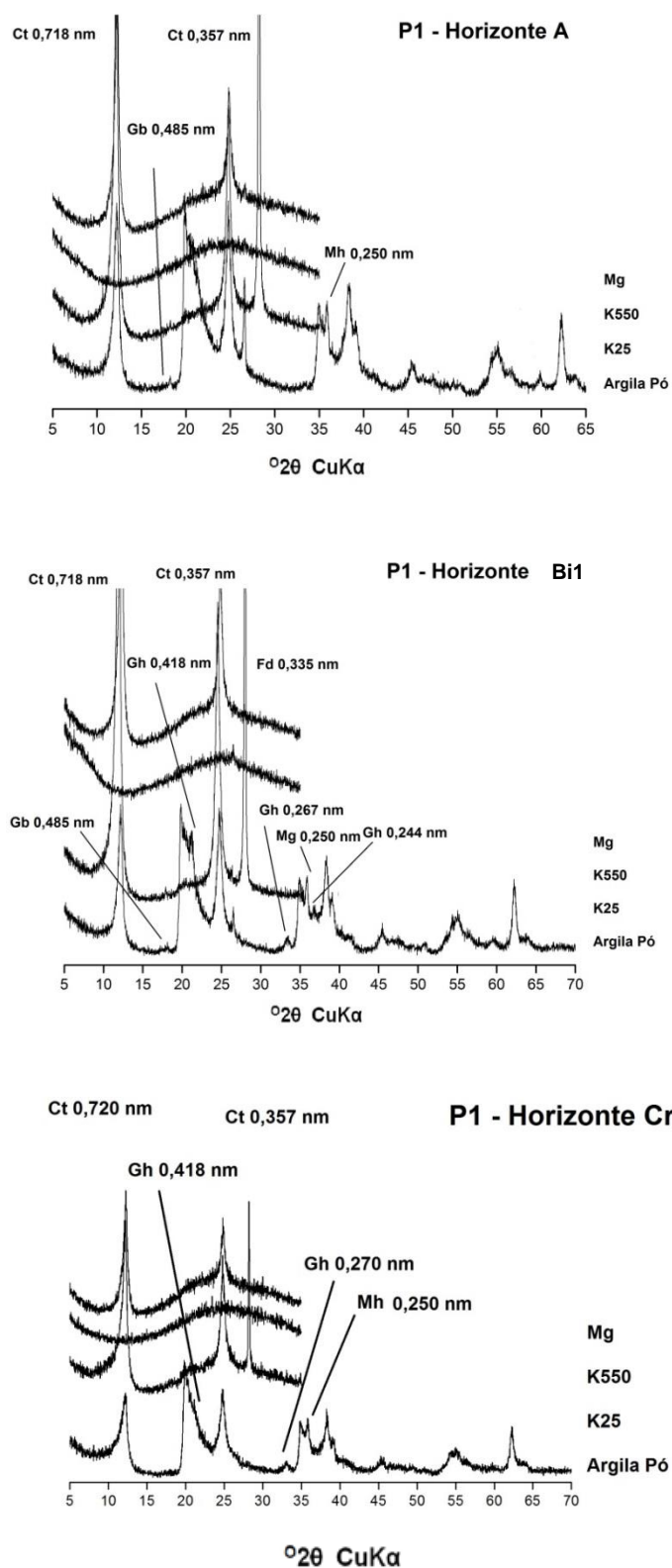


Figura 9. DRX da fração argila dos horizontes A, Bi1 e Cr do perfil 1 (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico). Ct=Caulinita; Gb=gibbsita; Mh=maghemita; Fd=Feldspato; Gh=goethita.

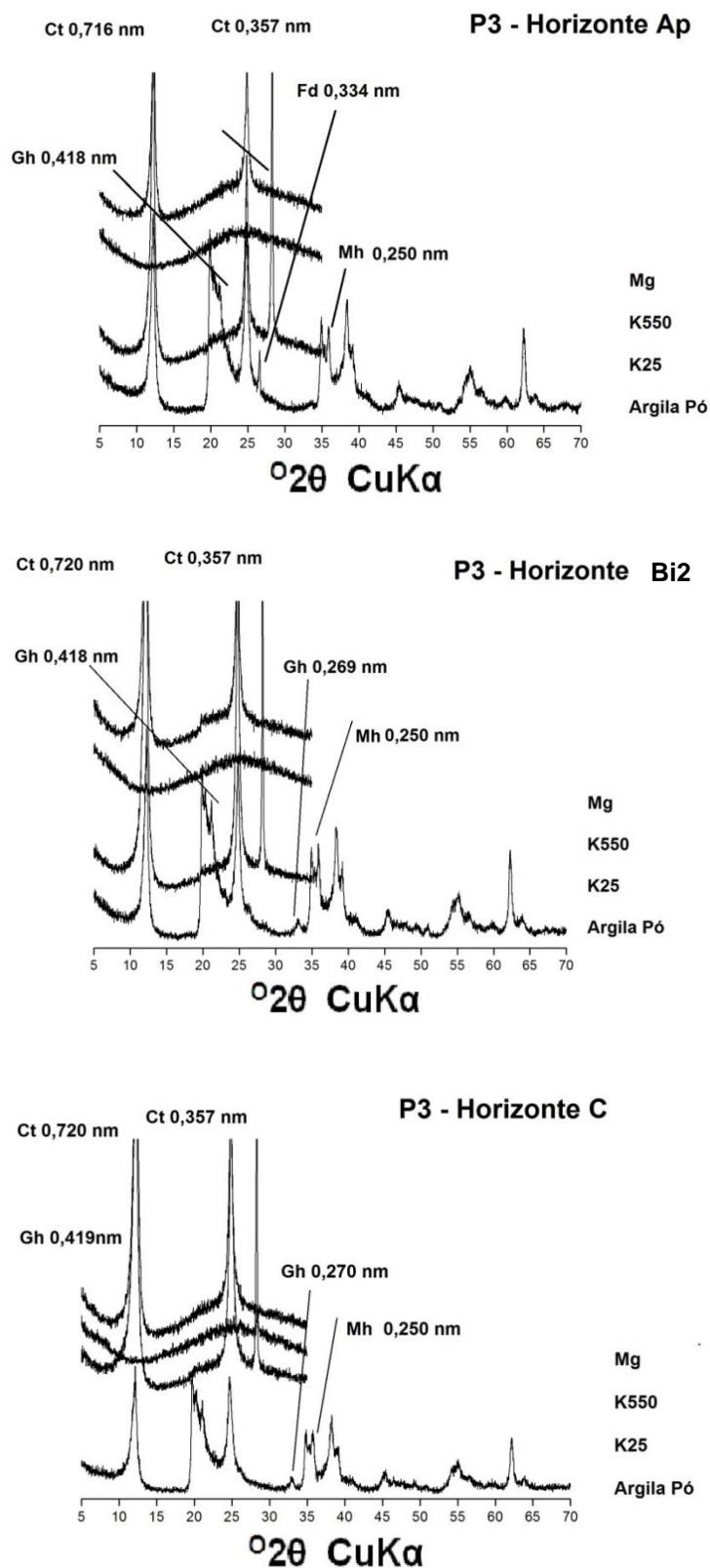


Figura 10. DRX da fração argila dos horizontes Ap, Bi2 e C do perfil 3 (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico). Ct=Caulinita; Mh=magemita, Fd=Feldspato, Gh=goethita.

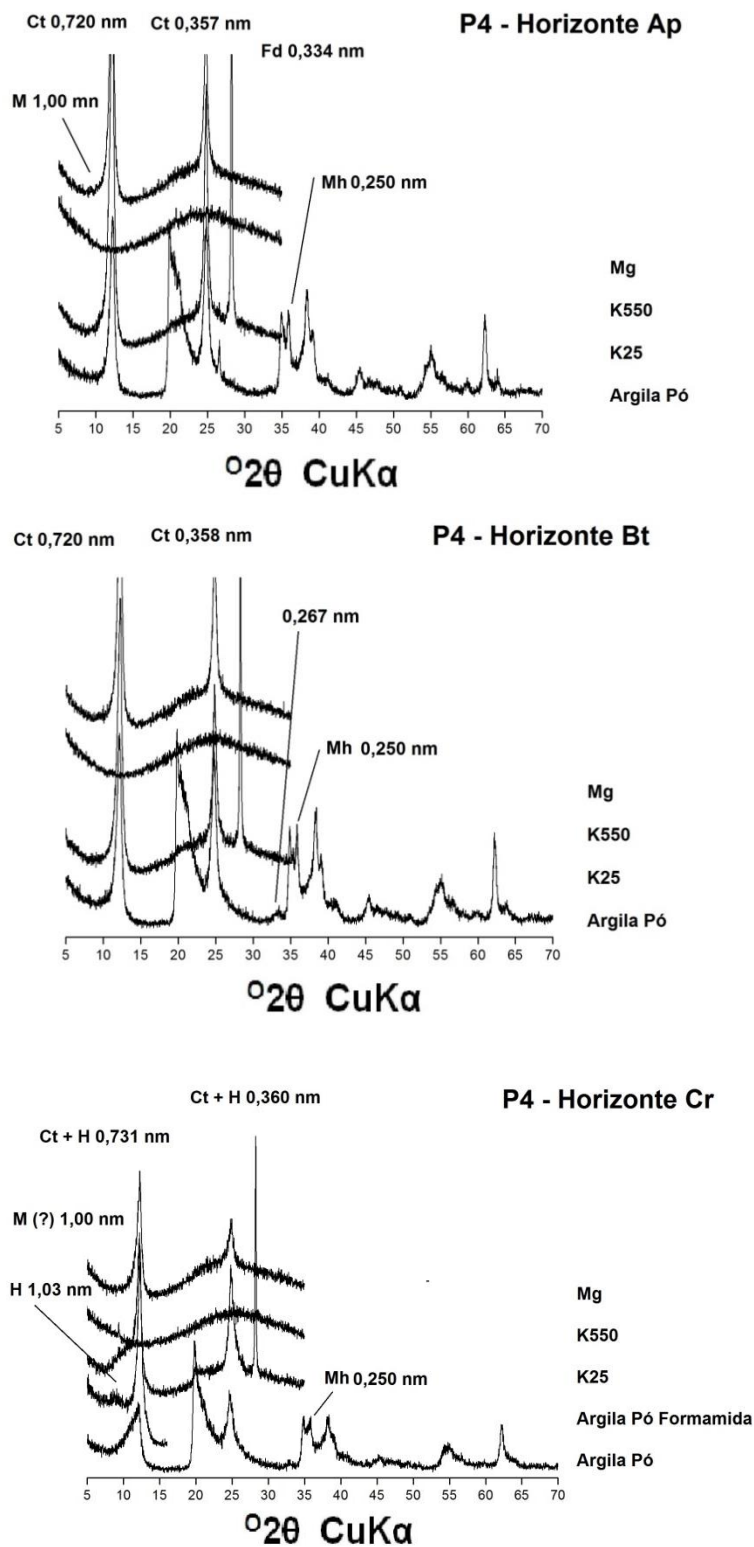


Figura 11. DRX da fração argila dos horizontes Ap, Bt e Cr do perfil 4 (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico). Ct=Caulinita; Mh=magemita, Fd=Feldspato, M=mica, H=haloisita.

A caulinita foi o principal mineral da fração argila dos solos estudados (Fig. 9; Fig. 10; Fig. 11), onde seus teores variaram de 604 a 862 g kg⁻¹ (Tabela 7). Apesar da baixa CTC da caulinita (Mc Bride, 1994), diversos processos físico-químicos importantes no solo são bastante influenciados por este mineral, cuja carga é dependente de pH, como as reações de adsorção e a dinâmica de água no solo, entre outros (Fontes et al., 2001).

De acordo com Melo (1998), o ponto de carga zero (PCZ) da caulinita situa-se entre 3 e 4. Como o pH em água das amostras em estudo está em torno de 4,5 (Tabela 4), observa-se que em condições naturais tem-se predomínio de cargas negativas superficiais neste mineral, favorecendo a adsorção de cátions, com Al³⁺ predominando (Tabela 4). A tendência é de aumento no conteúdo de caulinita em direção da superfície com o aumento da intensidade de intemperismo.

A gibbsita também foi quantificada, no entanto, esse mineral ocorreu apenas nos horizontes A, Bi1, C/Cr do perfil P1 e Cr/C do perfil P4. A cristalização dos óxidos é um processo diretamente proporcional ao estágio de desenvolvimento dos solos, e a presença desse mineral é um indício da evolução desses solos, onde a caulinita começa a ser alterada sob condições de intenso intemperismo geopedoquímico para formar gibbsita (TEIXEIRA et al., 2009).

3.5. Avaliação do Intemperismo

Foram utilizados três índices de alterações intempéricas, CIA, Ki e Kr, com intenção de verificar o grau de intemperização nos solos formados da alteração de riolito, em ambiente de clima quente e úmido. No geral, os três índices de intemperismo não apresentaram resultados discrepantes (Tabela 5; Tabela 6), resultando nas mesmas conclusões quanto ao grau de evolução dos solos.

Os valores médios do CIA foram altos em todos os solos da topossequência, com média entre os horizontes de 99,63 (Tabela 5).

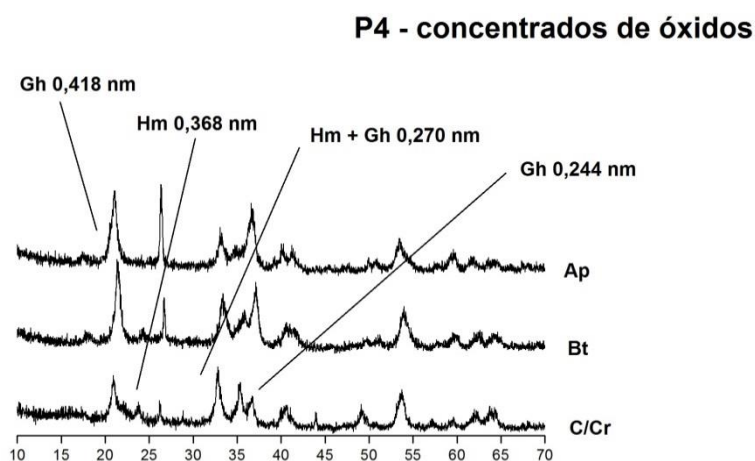
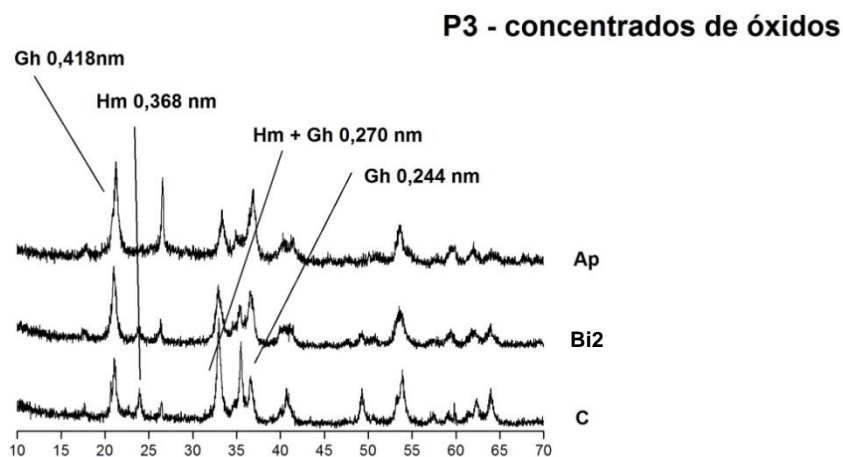
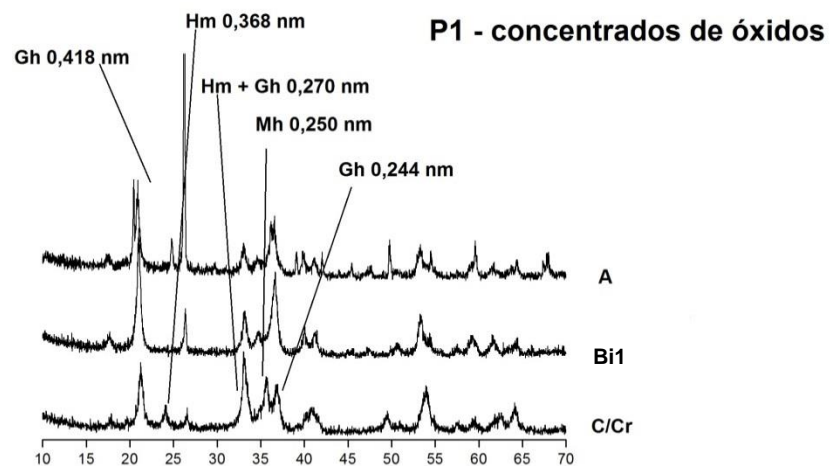


Figura 12. DRX do concentrado de óxidos, na fração argila dos perfis P1, P3 e P4, de uma topossequência de riolito na Formação Ipojuca, Sirinhaém -PE. Gh=goethita, H=hematita.

Esses valores do índice de intemperismo CIA indicam um alto grau de intemperismo para os solos, quando comparado aos valores propostos por Nesbitt & Young (1984), que sugerem $CIA \leq 50$ para rochas frescas e $CIA = 100$ para rochas totalmente intemperizadas, sugerindo ainda que os solos dessa região são bem evoluídos mineralogicamente e dominados por minerais secundários (caulinita e gibbsita). Este intemperismo intensivo é confirmada por uma mineralogia dominada por minerais argilosos (caulinita) e oxihidróxidos de ferro. Duas sequências de alteração mineral são as possíveis rotas de alteração dos minerais nos solos estudados:

- 1) Minerais primários (plagioclásios) → Filossilicatos 2:1 → Haloisita → Caulinita → Óxidos (gibbsita)
- 2) Minerais primários (plagioclásios) → Haloisita → Caulinita → Óxidos (gibbsita)

Sendo a segunda rota possivelmente a de ocorrência predominante, isso pela dificuldade de identificação da ocorrência, nas amostras analisadas, de minerais do grupo dos filossilicatos 2:1 nos solos. O material de origem tem sido reconhecido como um dos fatores fundamentais da formação do solo (Jenny, 1941). Em um determinado ecossistema, as taxas de intemperismo químico, a profundidade do perfil, o teor de argila e a capacidade de troca catiônica são determinados em grande parte pelo tipo de material de origem do solo que se desenvolve. Caner et al. (2014), avaliando a intensidade de intemperismo de riolito e basalto, no Sul do Brasil em condições de clima subtropical, com a aplicação do índice de intemperismo CIA, observaram valores de CIA elevados para o riolito, variando de 98,3 a 99,5 no solo.

Resultados que corroboram como os encontrados, foram obtidos também por Regassa et al. (2014), na Etiópia, sob condições de clima quente e úmido, onde a pedogênese dos solos levou a valores do índice de intemperismo CIA variando de 53 a 99, no perfil de alteração de riolito, com os valores mais baixos nos horizontes próximos ao saprolito, indicando moderada a alta intensidade de intemperismo nestes solos.

Assim como a composição mineralógica observada por DRX e a relações entre as formas de Fe, os índices de intemperismo indicam que os solos apresentam aproximadamente o mesmo grau de alteração em toda a topossequência, sugerindo que os solos estudados são formados basicamente

por processos ativos de intemperismo químico, resultando na formação de minerais de argila, com a evolução desses solos atualmente cauliniticos, a condição de gibsíticos limitada por condições de drenagem, que dificultam a eliminação da solução de intemperismo saturada com Si, e também devido à baixa disponibilidade de íons Al^{3+} nesses solos (Tabela 4).

A gênese dos solos acarreta perda de Si, de forma que os minerais secundários com maiores teores de Si (argilominerais 2:1) tornam-se instáveis e, por meio do intemperismo, formam minerais mais equilibrados com as condições do meio, caulinita e gibbsita. Esta interpretação está de acordo com a conclusão de Nesbitt & Young (1984), que avaliaram a formação argilominerais por reações químicas e os efeitos do intemperismo, transporte e deposição, sobre a composição química do solo, propondo as vias de intemperismo dos minerais em perfis de alteração de riolito.

Os valores das relações moleculares K_i (SiO_2/Al_2O_3) e K_r ($SiO_2/Al_2O_3+Fe_2O_3$) foram baixos, demonstrando avançado estágio de intemperismo dos solos, corroborando com os resultados do índice de intemperismo CIA e mineralogia desses solos. De acordo com os resultados dos índices K_i e K_r todos os perfis são considerados cauliniticos por apresentarem valores superiores a 0,75 (EMBRAPA, 2006), condizentes com a mineralogia da argila identificada por DRX (Figuras 9, 10 e 11).

Os menores valores de K_i foram observados nos horizontes Bt do P4 e Ap do P2 mais superficiais, indicando uma maior dissoluções dos aluminossilicatos como consequência do alto grau de intemperismo observado em todos os perfis da topossequência. Observou-se ainda uma leve tendência de aumento dos valores de K_i em profundidade, indicando a ocorrência de horizontes com menor grau de evolução próximo ao saprolito.

Não foi observada a presença de minerais 2:1, que podem ser originados a partir da alteração de mica nas fases iniciais de intemperismo, ou formadas pela precipitação a partir da solução, com sua formação e preservação favorecidas em pedoambiente com drenagem restrita, que inibe a lixiviação de sílica e cátions básicos (Azevedo & Vidal-Torrado, 2009; Kämpf et al., 2009), favorecendo processos de bissialitização, condições essas não presentes nos solos estudados.

Yokoyama & Banfield (2002) estudando quatro perfis desenvolvidos de riolitos distintos, porém com estágio de intemperismo e composição química inicial semelhantes, destacam que as explicações mais plausíveis das taxas mais lentas de formação de argila são resultado do menor grau de lixiviação e da alta saturação da solução do solo nos poros. Neste trabalho, cerca de 20% do Si dissolvidos precipita na forma de argila. As diferentes características da rocha podem levar a diferentes taxas de dissolução e formação de argila.

De acordo com Guana et al. (2001), em estudo sobre o intemperismo em tufo riolítico e granito, em Hong Kong durante o intemperismo o potássio tem dois destinos evolutivos, absorção por minerais de argila (filossilicatos 2:1) após a dissolução do feldspato e mica presentes no material de origem; ou a lixiviação após ter sido dissolvido dos minerais de argila e outros.

Outros cátions, como cálcio e o magnésio irão apresentar comportamento semelhante ao do potássio, são libertadas durante as fases iniciais do intemperismo e podem acumular-se para formar carbonatos, numa fase posterior da resistência. Os minerais que compõem os solos estudados favorecem a perda de dessas bases por lixiviação, devido à baixa área superficial desses minerais e conseqüentemente baixa disponibilidade de cargas de superfície, em especial da fração da argila predominantemente caulínica, sendo este mais um fator, além da pobreza do material de origem e condição climática, que favoreceu a gênese de solos distróficos na área de estudo.

3.6. Classificação dos solos

Os quatro perfis selecionados formando o transecto que compõem a topossequência de estudo foram classificados com base em seus atributos morfológicos observados em campo, e ajustes realizados após a obtenção dos resultados de análises laboratoriais de caracterização física e química dos mesmos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013).

Os perfis 1 e 3 foram classificados no primeiro nível categórico (ordem) como Cambissolo por serem constituídos por material mineral, apresentando horizonte B incipiente abaixo de horizonte A moderado. Não possuindo

requisitos para seu enquadramento em outra ordem. Os demais solos (perfis P2 e P4) foram classificados no primeiro nível categórico (ordem) como Argissolos por atenderem os critérios seguintes: ser constituído por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A, com argila de atividade baixa ($T < 27 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$); não apresentando horizonte plântico e nem horizonte glei (Embrapa, 2013).

No segundo nível categórico (subordem) o perfis 1 e 3 foram classificado como Cambissolo Háptico por não se enquadrar em outra opção da chave taxonômica. O perfil P2 por apresentar cores amarelo-avermelhadas no horizonte B, foi classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo. O P4 apresentou coloração variegada, e apesar da matiz 2,5YR predominar na maior parte do horizonte B, foi classificado, assim como o P2, como Argissolo Vermelho-Amarelo.

No terceiro nível categórico (grande grupo), por apresentar argila de atividade baixa, e saturação por bases menor que 50% nos primeiros 100 cm do horizonte B inclusive BA, o perfis 1 e 3 foram denominados Tb Distróficos. Os perfis P3 e P4 também possuem argila de atividade baixa no horizonte B, e por isso são enquadrados no grande grupo Distróficos.

No quarto nível categórico (subgrupo), os perfis 1 e 3 foram classificados como típicos, por não se enquadrar em outras opções da chave taxonômica; o perfil 2 como abrupto, devido a presença de mudança textural abrupta; ainda neste nível o perfil P4 foi classificado como típico, também por não se enquadrar em outras opções da chave taxonômica.

A classificação completa dos perfis estudados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006) é apresentada a seguir:

P1 (Topo) – CAMBISSOLO HÁPTICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

P2 (Terço superior) – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abrupto, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado.

P3 (Terço médio) – CAMBISSOLO HÁPTICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado.

P4 (Terço inferior) – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado.

4. CONCLUSÃO

Os solos desenvolvidos de riolito, em ambiente de Mata Atlântica, a despeito de não serem muito profundos e com ocorrência de saprolito em geral próximo a 100 cm, apresentam um avançado processo de monossilitização, caracterizando-os como solos muito intemperizados, condicionado principalmente pelas atuais condições climáticas e a natureza do material de origem.

A fração argila dos solos estudados apresenta caulinita como mineral dominante, porém destaca-se a ocorrência de haloisita no saprolito na base da vertente.

Além da predominante monossilitização, ocorrem ainda processos de alitização e oxirredução durante a gênese dos solos formados da alteração do riolito da Formação Ipojuca.

Solos formados da alteração do riolito da Formação Ipojuca apresentam elevados teores de silte, em função da textura fina do material de origem, levando a alta relação silte/argila.

Como reflexo do alto intemperismo químico atuante durante a pedogênese desses solos, consequência do clima quente e úmido característico de ambiente de Mata Atlântica e pobreza do material de origem, os solos formados apresentam baixa disponibilidade de bases constituindo solos distróficos.

5. REFERÊNCIAS

- ALHEIROS, M. M.; FERREIRA, M. G. V. X. Considerações Sedimentológicas e Estratigráficas sobre a Formação Cabo, Pernambuco. R. Bras. Geoci., 19(1): 17-24, 1989.
- ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A.; CASAGRANDE J.C.; SOARES, M. R. **Química de solos altamente intemperizados.** In: Química e Mineralogia do Solo. Parte II- Aplicações. SBCS. 2009.

- ALMEIDA, C. B.; SÁ, E. F. J.; CRUZ, L. R.; NASCIMENTO, M. A. L.; SILVA, F. C. A.; ANTUNES, A. F.; FRUTUOSO, L. J. J.; FILHO, M. F. L.; SOUZA, Z. S.; GUEDES, I. M. G. A Suíte Magmática Ipojuca: Relações e Implicações Tectono- Estratigráfica na Sub-Bacia de Pernambuco. 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás, 2003.
- AMARAL A. J. R.; MENOR, E. A. A sequência vulcano sedimentar cretácea da região Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogênicas. **Atlas IX Simpósio de Geologia do Nordeste**, p.251-269, 1979.
- ANDRADE-LIMA, D. Estudos fisiogeográficos de Pernambuco. Arquivos do IPA, v.05, p.305-341, 1960.
- ASSIS, E. F.; BERG, E. A. T.; STEFANI, R.; Desenvolvimento de Esmaltes com Formulações a Base de Riolito. **Cerâmica Industrial**, Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p. 42-45, 2002.
- ASSIS, H. M. B. Cartografia geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho/PE. (Série Cartas Temáticas). V. 04. Recife, CPRM/FIDEM, 1999. 32p.
- AZEVEDO, A. C. & VIDAL-TORRADO, P. Esmectita, vermiculita, minerais com hidróxientrecamadas e clorita. In: MELO, V. F. & ALLEONI, L. R. F., eds. **Química e Mineralogiado solo: Parte I – Conceitos básicos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2009, p. 381-426.
- BARBERIS, E., MARSAN, F. A., BOERO, V. et al. Aggregation of soil particles by iron-oxides in various size fractions of soil B-horizons. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 42, p. 535-542, 1991.
- BENEDETTI, U G. B.; VALE JR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte amazônico. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p. 299-312, 2011.
- BÉTARD, F. Spatial variations of soil weathering processes in a tropical mountain environment: The Baturité massif and its piedmont (Ceará, NE Brazil). **Catena**, v. 9, p.18–28, 2012.
- BLAKE, G. R., HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A, (ed). **Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods**. Madison: ASA, 1986. p.363-375.
- BORGES, V. C.; NISHIYAMA, L. Considerações preliminares sobre s gênese dos Latossolos muito argilosos das chapadas do Oeste Mineiro. In: **Anais Do X Encontro De Geógrafos Da América Latina**. USP. São Paulo, 2005.

- BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification. In: BRINDLEY, G.W; BROWN, G. London: **Mineralogical Society**, 1980 chapter 5, p.305-360.
- CÂMARA, I. G. Brief history of conservation in the Atlantic Forest, p. 31–42. In C. Galindo-Leal & Câmara, I. G. (ed.), *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats and outlook*. Island Press, Washington, 2003.
- CANER, L. Basalt and rhyo-dacite weathering and soil clay formation under subtropical climate in southern Brazil. **Geoderma**. pag.235–236, 2014.
- CHEKHROV, F. V. e ZVYAGIN, B. B. Halloysite, a crystallochemically and mineralogically distinct species *i%* Int. Clay Conf. Israel. Proceedings. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translation, v. 1 : 11-25, 1966.
- CHMYZ, L; VASCONCELLOS, E. M. G; ARIOLI, E. E; LICHT, O. A. B. Petrografia e geoquímica das rochas vulcânicas ácidas do tipo palmas aflorantes nas proximidades dos Municípios de palmas e general carneiro (PR), VII EPCC- Encontro Internacional de Produção Científica Cesuma, 2011.
- 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**, Vol. 32, No. 4, 241-248, 1984.
- CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, A. C. Mineral weathering in acid saprolites from Subtropical, southern Brazil. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v.64, n.6, p.601-607, 2007.
- CORNELL, R.M. & SCHWERTMANN, U. **Iron oxides**. New York, VHC, 1996, 573p.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cabo de Santo Agostinho, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11p.
- CPRM – Sistema de informação para gestão territorial da região metropolitana do Recife, Projeto SINGRE. **Cartografia geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho**; Serie Carta Temática Vol.4, Recife: CPMR/FIDEM,1999. 3 p.
- CPRM - Sistema de informações para gestão territorial da região metropolitana do Recife - Projeto SINGRE II. Anexos; Geologia da Região Metropolitana do Recife; Recife, 2001. 20p.

- CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. (orgs.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2003.
- DAHMS, D.; FAVILLI, F.; KREBS, R.; EGLI, M. Soil weathering and accumulation rates of oxalate-extractable phases derived from alpine chronosequences of up to 1 Ma in age. **Geomorphology**, v.151–152, p. 99–113, 2012.
- DEMATTÊ, J. A.; MORETI, D.; VASCONCELOS, A. C. F.; GENÚ, A. M.; Uso de imagens de satélite na discriminação de solos desenvolvidos de basalto e arenito na região de Paraguaçu Paulista. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.7, p.697-706, jul. 2005.
- DEMATTÊ, J. L. I; MARCONI, A; SPAROVEK, G; TORRADO, P. V. Estimativa da evolução do intemperismo mediante ganhos e perdas de íons numa sequência de solos desenvolvidos de diabásio e influenciados pela drenagem em Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15:69-73, 1991.
- DIXON, J. B. Kaolin and Serpentine group minerals. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. **Minerals in soil environments**. 2ª Ed. Madison: SSSA, 1989. p. 279-330.
- DIXON, J. B.; WEED, S. B. *Minerals in soil environments*. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, 1977. 2. ed. 1244 p.
- DONAGEMMA G. K. et al. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de latossolos após pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, 2008.
- DOUGLAS, I. Hot wetlands. In: Fookes, P.G., Vaughan, R. (Eds.). *A Handbook of Engineering Geomorphology*. **Surrey University Press**, pág. 137, 1986.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 2013. 353p.
- 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. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª edição. Rio de Janeiro, 2013. 353p.
- FEDO, C. M.; NESBITT, H. W., YOUNG, G. M. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, com implications for peleoweathering conditions and provenance. **Geology**, v. 23, p. 921-924. 1995.
- FITZPATRIC, E. A. Microscopy and micromorphology of soils. Chichester: John Wiley, 1993. 304p.
- 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.
- GALVÃO, L. S.; FORMAGGIO, A. R.; COUTO, E. G. & ROBERTS, D. A. Estudo das relações entre tipos de solos, alteração, mineralogia e topografia por sensoriamento remoto hiperespectral. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis: INPE, p. 6453-6460, 2007.
- GALLAGHER, K.J.; FEITKWECHT, W. and MANNWEILLER, U. Mechanism of oxidation of magnetite to γ -Fe₂O₃. **Nature**, v. 217, p.1118 -1121, 1968.
- GEE, G.W. & OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H. & TOPP, G.C., eds. **Methods of soil analysis. Physical methods**. Madison, Soil Science Society of America, 2002. Part 4. p.255-293.
- GHANI, N. L. B. Caracterização morfológica, física, química, mineralógica, gênese e classificação de solos altimontanos derivados de riólito e migmatito da Serra do Mar - PR. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1996. 174p. (Tese de Mestrado)
- GREENE-KELLY, R. The identification of montmorilonitoids in clays. *European Journal of Soil Science*, v.4 (2), p. 233-237, 1953.
- GROHMANN, F. Superfície específica do solo de unidade s de mapeamento do estado de São Paulo – Estudo de perfis com horizonte B textural e horizonte B latossólico. **Bragantia**, Revista Científica do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, vol. 31, Campinas, 1972.
- GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H.; TOPP. G. C. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America Journal, pt. 4, p. 201-225, 2002.
- GUANA, P.; NGB, C.W.W.; SUNC, M.; TANGB, W. Weathering indices for rhyolitic tuff and granite in Hong Kong. **Engineering Geology**, vol. 59, 2001.

- HARNOIS, L. The CIW index: a new Chemical Index of Weathering. **Sedimentary Geology**, v. 55, p. 319-322. 1988
- HECKMAN, K.; RASMUSSEN, C. Lithologic controls on regolith weathering and mass flux in forested ecosystems of the southwestern USA. **Geoderma** vol.164, pag. 99–111 Arizona, Estados Unidos, 2011.
- HECKMAN, K.; WELTY-BERNAND, A.; RASMUSSEN, C.; SCHWARTZ, E. Geologic controls of soil carbon cycling and microbial dynamics in temperate conifer forests. *Chemical Geology*. v. 267; p. 12–23; 2009.
- HOSSNER, L.R. Dissolution for Total Elemental Analysis. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A. et al. **Methods of Soil Analysis**. Part 3 – Chemical Methods. Soil Science Society of America, Madison, 1996, p. 49-64.
- HUGHES, J.C. & BROWN, G. A cristallinity index for soil kaolinite and its relation to parent rock, climate and soil maturity. **J. Soil Science.**, v. 30:557-563, 1979.
- IRFAN, T.Y., Mineralogy, fabric properties and classification of weathered granites in Hong Kong. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, vol. 29, pág. 5, 1996.
- JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**: advanced course. Madison, Prentice-Hall, 1979. 895p
- JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**: advance Course. 29. ed. Madison, 1975. 895 p.
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: Divisão de Pesquisa Pedológica (Boletim Técnico, 26; Pedologia, 14), v.1, 1973. 359 p.
- JACOMINE, P.K.T. Origem e evolução dos conceitos e definições de atributos, horizontes diagnósticos e das classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P. & CARDOSO, E.J., ed. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v.4. p.193-231.
- JENNY, H., 1941. *Factors of Soil Formation*. McGraw-Hill, NY.
- JONGERIUS, A.; HEINTZBERGER, G. The preparation of mammoth-sized thin sections. **Wageningen: Soil Survey Institute**, 1960. p. 3-37. (Soil Survey Paper, 1).

- KÄMPF, N. Halositas em saprolitos de rochas vulcânicas do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, p. 179-184, 1995.
- KAMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J. J.; Intemperismo e Ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F., eds. **Química e Mineralogia do Solo: Conceitos básicos**. Viçosa, MG. SBCS. Parte I. p.333-379. 2009.
- KÄMPF, N.; DICK, D. P. Óxidos de ferro em cambissolos brunos do Rio Grande do Sul e sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 8, p. 183-188, 1984.
- KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Goethitas na interface solo-rocha em amostras do Rio Grande do Sul e Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Canoínas, v. 19. P. 359-366, 1995.
- KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. The 5 M-NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. **Clays and Clay Minerals**, v. 30, p. 401-408, 1982.
- KARATHANASIS, A.D. & HAJEK, B.F. Revised methods for rapid quantitative determination of minerals in soil clays. **Soil Science Society of America Journal**, vol. 46 (2), pág. 419–425, 1982.
- KARATHANASIS, A.D. & HARRIS. W.G. Quantitative thermal analysis of soil materials. In J.E. Amonette, L.W. Zelazny (Eds.), *Quantitative Methods in Soil Mineralogy*, **Soil Science Society of America Journal**, Madison WI, pág. 360–411, 1994.
- KARATHANASIS, T. Thermal analysis of soil minerals. pp. 117-160. IN: A.L. Ulery and L.R. Drees, ed. *Methods of Soil Analysis, Part 5—Mineralogical Methods*. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, Wis., 2008.
- KHOMO, L.; BERN, C. R.; HARTSHORN, A. S.; ROGERS, K. H.; CHADWICK, O. A. Chemical transfers along slowly eroding catenas developed on granitic cratons in southern Africa. **Geoderma**, v. 202-203, p. 192-202. 2013.
- KHONKE, H. *Soil physics*. 2.ed. New York, MacGraw Hill, 1969. 224p.
- LEINZ, V. & AMARAL, S.E. **Geologia Geral**. São Paulo. Cia editora Nacional, 397p. 1978.
- LEINZ, V.; CAMPOS, J.E.S. **Guia para determinação de minerais**. 8. ed. São Paulo, Nacional. 1979. 149p.

- LIM, C. H. & JACKSON, M. L. Expandable phyllosilicate reactions with lithium on heating. **Clays and Clay Minerals**, v. 34 (3), p. 346-352, 1986.
- LIMA FILHO M. F.; PEDROSA, F. J. A.; MEDEIROS, A. B.; BRITO, M. F. I.; NÓBREGA, V. A.; ARAÚJO, R. D.; MOTA, J. A. **Geologia da Bacia Cabo – PE**. Geociências, 15(1):223-242, 1996.
- LIMA, J. G. C.; SCHULZE, S. M. B. B.; RIBEIRO, M. R.; BARRETO, S. B. Mineralogia de um Argissolo Vermelho-Amarelo da zona úmida costeira do estado de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 881-892, 2008.
- LIMA, J.G.; BITTAR, S.M.B.; RIBEIRO, M.R. & BARRETO, S.B. Evolução mineralógica de dois solos de referência do Estado de Pernambuco, Brasil. **R. Biol. Ci. Terra**, 7:71-83, 2007.
- MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Origem da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. 18(4): 476-482, dezembro de 1988.
- MARTINS, R.; MELO, V. F.; SERRAT, B. M. Reserva Mineral de potássio em solos dos campos gerais, estado do Paraná. **Revista Ceres**, v. 51 (296), p. 521-533, 2004.
- McBRIDE, M.B. **Enviromental chemistry of soils**. New York, Oxford University Press, 1994. 406p.
- 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*, v.46, p.13-22, 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, NY: Pergamon Press, p.317-342, 1960.
- MELO, V.F. Potássio e magnésio em minerais de solos e relação entre propriedades da Ct com formas não trocáveis destes nutrientes. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 205p. (Tese de Doutorado).
- MELO, V.F.; SINGH, B.; SHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F. Chemical and mineralogical properties of kaolinite – Rich Brazilian soils. **Soil Science Society American Journal**. Madison, v.65 p.1324-1333, 2001.
- MIELNICZUK, J. Formas de potássio em solos do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 1:55-61, 1977.

- MIRANDA, J. L. F. Estudo do meio físico do Município de Ipojuca/PE – Hidrogeologia (Série Recursos Hídricos). Recife, CPRM/FIDEM, v.02. 1999. 34p.
- MONIZ, A. C.; TEODORA, O; CONCEIÇÃO, M. L; OLIVEIRA, W. & SIEFFERMANNW, G. Halosita e montmorilonita em solos provenientes da alteração de granulitos na área de Ilhéus- Jitaúna, Bahia. ANAIS DO XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1990.
- MOORE, D. M.; REYNOLDS, R. C. X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals. Oxford: Oxford University Press, 1989. 332 p.
- MOREIRA, H. L.; OLIVEIRA, V. A.; Evolução e gênese de um PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Êutrico argissólico no município de Ouro Verde de Goiás. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 1683-1690, 2008.
- MURPHY, C. P. Thin section preparation of soils and sediments. Berkhamsterd: Academic Publis. 1986. 145p.
- MYERS, N., R. A. MITTERMEIER, C. G. MITTERMEIER, G. A. B. DA FONSECA, AND J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. 403:853–58, 2000.
- NASCIMENTO M.A.L.; SOUZA Z.S.; ARNOSIO J.M.; VASCONCELOS P.M.P.- Ignimbritos do Engenho Saco, Ipojuca, PE Registro de vulcanismo explosivo cretáceo na Província Magmática do Cabo - SIGEP 103 -237-250p.2008.
- NASCIMENTO, M. A. L.; SOUZA, Z. S.; LIMA FILHO, M. F.; SÁ, E. F. J.; CRUZ, L. R.; FRUTUOSO JÚNIOR, L. J.; ALMEIDA, C. B.; ANTUNES, A. L.; SILVA, F. C. A.; GUEDES, I. M. G. Relações Estratigráficas da Província Magmática do Cabo, Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, 14:3-19, 2004.
- NASCIMENTO, M. A. L.; SOUZA, Z. S.; ARNOSIO, J. M.; VASCONCELOS, P. M. P. Ignimbritos do Engenho Saco, Ipojuca, PE. Registro de vulcanismo explosivo cretácico na Província Magmática do Cabo. SIGEP 103. 2008.
- NASCIMENTO, M. A. L.; SOUZA, Z. S.; FILHO, M. F. L.; SÁ, E. F. J.; CRUZ, L. R.; JÚNIOR, L. J. F.; ALMEIDA, C. B.; ANTUNES, A. F.; SILVA, F. C. A.; GUEDES, I. M. G. Relações estratigráficas da província Magmática do cabo, Bacia de Pernambuco, nordeste do brasil; *Estudos Geológicos* V.14: 3-19, 2004.
- NESBITT, H. W., YOUNG, G. M. Formation and diagenesis of weathering profiles. **Journal of Geology**. v. 97, p. 129–147, 1989.

- NESBITT, H. W.; YOUNG, G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major elements chemistry of lutites. **Nature**, v. 299, p. 715–717, 1982.
- NÓBREGA, V. A.; LIMA FILHO, M. Estudo diagenético da sucessão de rochas siliciclásticas do poço 2CP-IPE: Uma contribuição aos reservatórios da Formação Cabo. *Estudos Geológicos*, 13: 71-88, 2003.
- NORRIST, T.; TAYLOR, R. The isomorphous replacement of iron by aluminum in soil goethites. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 12, p. 294-306, 1961.
- OLIVEIRA, J. B. *Pedologia Aplicada*. 4. ed. Piracicaba: FEALQ, 2011. 592 p.
- OLIVEIRA, L. B.; FERREIRA, M. G. V. X.; MARQUES, F. A. Characterization and classification of two soils derived from basic rocks in Pernambuco state, northeast Brazil. *Sci. Agric.*, v.61, n.6, p.615-625, 2004.
- OLIVEIRA, S. M. B.; PESSEDA, L. C. R.; BABINSKI, M.; GIOIA, S. M. C. L.; FÁVARO, D. I. T. Solos desenvolvidos sobre diferentes rochas vulcânicas da Ilha de Fernando de Noronha: padrão de elementos terras raras e composição isotópica do chumbo. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 97-105, 2011.
- OZAWA, T. Thermal analysis - review and prospect. Chiba Institute of Technology, Tsudanum. **Thermochimica Acta**, v. 355, p. 35-42, 2000
- PARKER, A. An index of weathering for silicate rocks. **Geological Magazine**, v. 107, p. 501-504. 1970.
- PEDRON, F. A.; AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D.; STURMER, S. L. K.; MENEZES, F. P.; Morfologia e classificação taxonômica de neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no Rio Grande no Sul. **R. Bras. Ci. Solo**. Vol. 33, núm. 1, 2009, pp. 119-128.
- PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; FONTANA, A.; DIAS NETO, A. H. & MIRANDA, L. P.M. Caracterização e classificação de solos em uma topossequência sobre calcário na Serra da Bodoquena, MS. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 37, p. 25-36, 2013.
- PEREIRA, R. M., AVILA, C. A., Lima, P.R.A. **Minerais em Grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. v. 1. 128p
- PFALTZGRAFF, P. A. S. Carta geotécnica e de susceptibilidade a processos geológicos do Município de Ipojuca/Pernambuco. Recife: CPRM/FIDEM. 1998. 18 p.

- PINTO, O. C. B. et al. Natureza e formação de caulinita em forma de pseudomorfa em solos de Viçosa (MG). **Experientiae**, Viçosa, v.13, p.383-421, 1972.
- PLANTE, A. F., FERNÁNDEZ, J. M. & LEIFELD, J. APPLICATION OF THERMAL ANALYSIS TECHNIQUES IN SOIL SCIENCE. **Geoderma**, vol. 153, p. 1-10, 2009.
- PÖTTER, R.O. & KÄMPF, N. Argilo-minerais e óxidos de ferro em Cambissolos e Latossolos sob regime climático térmico údico no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 5:153-159, 1981.
- PRICE, J. R.; VELBEL, M. A. Chemical weathering indices applied to weathering profiles developed on heterogeneous felsic metamorphic parent rocks. **Chemical Geology**, v. 202, p. 397-416, 2003.
- QUIRK, J. P. Significance of surface areas calculated from water vapor sorption isotherms by use of the B.E.T. equation. **Soil Sci.**, v.80, n.6, p.423-430, 1955.
- RAMOS, B. Z.; PAIS, P. S. M.; FREITAS, W. A.; D. JUNIOR, M. S. Avaliação dos atributos físico-Hídricos em um Latossolo Vermelho distroférrico sob diferentes sistemas de manejo - Lavras/Minas Gerais/Brasil. SCAP – Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal. Revista de Ciências Agrárias, v. 36(3), p. 340-346, 2013.
- RASMUSSEN C.; DAHLGREN, R. A.; SOUTHARD, R. J. Basalt weathering and pedogenesis across an environmental gradient in the southern Cascade Range, California, USA. **Geoderma**, v. 154, p. 473–485, 2010.
- REGASSA, A.; VAN DAELE, K.; PAEPE, P.; DUMON, M ; DECKERS, J.; ASFAWOSSEN ASRAT; VAN RANST, E.. Characterizing weathering intensity and trends of geological materials in the Gilgel Gibe catchment, southwestern Ethiopia. **Journal of African Earth Sciences**, 2014.
- RESENDE, M.; SANTANA, D. P. Uso das relações K_i e K_r na estimativa da mineralogia para classificação dos latossolos. In: Reunião de Classificação, Correlação dos Solos e Interpretação da Aptidão Agrícola (Embrapa, Ed.). Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1998, p. 225-232.
- ROLIM NETO, F.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; COSTA, L.M.; CORRÊA, M.M.; FERNANDES FILHO, E.I.F. & IBRAIM, M.M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos

- de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). *R. Bras. Ci. Solo*, 28:953-964, 2004.
- RUSSELL, J. D. Infrared methods. In: WILSON, M. J. **Handbook of determinative methods in clay mineralogy**. New York: Blackie, 1987. p. 133-173.
- SANTOS, J. C. B.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da Região Semiárida do Estado de Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 36, p. 683-695, 2012.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p.
- SCHWERTMANN, U; TAYLOR, R. M. 1989. Iron Oxides. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B., (Eds.) **MINERAL SOIL ENVIRONMENTS**. 2,ed. Madison: **Soil Science Society of American**, 1989. p, 379-438.
- SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. *Nature*, v. 212, p. 645-646, 1966.
- SILVA, F. B. R. E.; SANTOS, J. C. P; SILVA, A.B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. DA B. V.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SOUSA NETO, N. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, O.F.; LUZ, L.R.P.P.; LEITE, A.P.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C.P.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE)**. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. CD-Rom. (Embrapa Solos. Documentos n. 35).
- SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Agriambi** - Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. v.11, n.1, p.108–114, 2007.
- SINGRE – Sistema de informação para gestão territorial da região metropolitana de Recife: estudo do meio física do município de Ipojuca-Hidrologia , 1999.
- SOARES, J.L.N.; ESPINDOLA, C.R.E.; PEREIRA, W.L.M.. Physical properties of soils under intensive agricultural management. **Scientia Agrícola**. 62:165-172, 2005.

- SOUKUP, D.A., DREES, L.R. AND LYNN, W .C. Sampling soils for mineralogical analyses. p. 1–12. In A.L. Ulery and L.R. Drees (ed.) *Methods of soil analysis. Part 5. Mineralogical methods. SSSA Book Ser. 5.* SSSA, Madison, 2008.
- SPOSITO, G. *The chemistry of soils.* New York: Oxford University Press, 1989. 215 p
- SWINDALE L. D., JACKSON M. L. A mineralogical study of soil formation in four rhyolite-derived soils from New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, v. 3:2, p. 141-183, 1960, DOI:10.1080/00288306.1960.10423590
- TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. *Decifrando a terra*, 2ª edição. São Paulo. **Compania Editora Nacional.** p216-219. 2009
- TEIXEIRA, W.G. & MARTINS G. C. Soil physical characterization. In: LEHMAN ET AL. *Amazonian Dark Earths.* Dordrecht, Kluwer Academic Publisher. 2003. p.1-19.
- TRUFFI, S. A.; CLEMENTE, C. A. Alteração de plagioclásios dos riódacitos da formação Serra Geral (JKsg) da região de Piraju – SP. **Scientia Agricola**, v.59, n.2, p.383-388, 2002.
- VAN GENUCHTEN M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal.** Vol. 44, pág. 892–898, 1980.
- VAN RAIJ, B. & CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. *Bragantia*, Revista Científica do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, vol. 32, Campinas, 1973.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** (Boletim Técnico, 7). Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p.
- YOEMANS, J. C., BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci.** Plant Anual, v.19, p. 1467-1476, 1988.
- YOKOYAMA, T. & BANFIELD, J. F. Direct determinations of the rates of rhyolite dissolution and clay formation over 52,000 years and comparison with laboratory measurements. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Vol. 66, No. 15, pág. 2665–2681, USA, 2002.

YOKOYAMA, T. & NAKASHIMA, S. Color development of iron oxides during rhyolite weathering over 52,000 years. **Chemical Geology**, v.219, p. 309– 320, 2005.

YOKOYAMA, T. Characterization of the reaction and transport properties of porous rhyolite and its application to the quantitative understanding of the chemical weathering rate. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, vol. 118, p. 295–311, 2013.

APÊNDICE 1

**Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos de uma
Topossequência na Formação Ipojuca, Bacia Pernambuco, PE.**

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P1 (Mata)

DATA – 02/04/2013

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO – Município de Sirinhaém – PE, Usina Trapiche, Engenho Chã do Abacaxi. 8° 34' 3,5" S e 35° 5' 9,8" W

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira em topo plano de elevação em relevo ondulado, sob vegetação florestal.

ALTITUDE – 67 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Ipojuca.

LITOLOGIA – Riolito.

CRONOLOGIA – Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito da rocha do embasamento.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado e forte ondulado, com colinas convexas.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subperenifólia.

USO ATUAL – Floresta secundária (Reserva florestal).

CLIMA – As', da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho e Stephany Alves Brilhante.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ood – 6-0 cm;

A – 0–9 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2, seca); franco-argilo-siltosa; forte, pequena e média granular; ligeiramente dura, friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

AB – 9–15 cm; bruno (10YR 4/3, úmida); franco-argilo-siltosa; fraca, média, em blocos subangulares e moderada, pequena, granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição clara e plana.

BA – 15–27 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida); franco-argilo-siltosa; fraca, pequena e média, em blocos subangulares; firme, plástica e pegajosa; transição gradual e ondulada.

Bi1 – 27–39 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmida); argilo-siltosa; fraca, pequena e média, em blocos subangulares; firme, plástica e pegajosa; transição clara e ondulada.

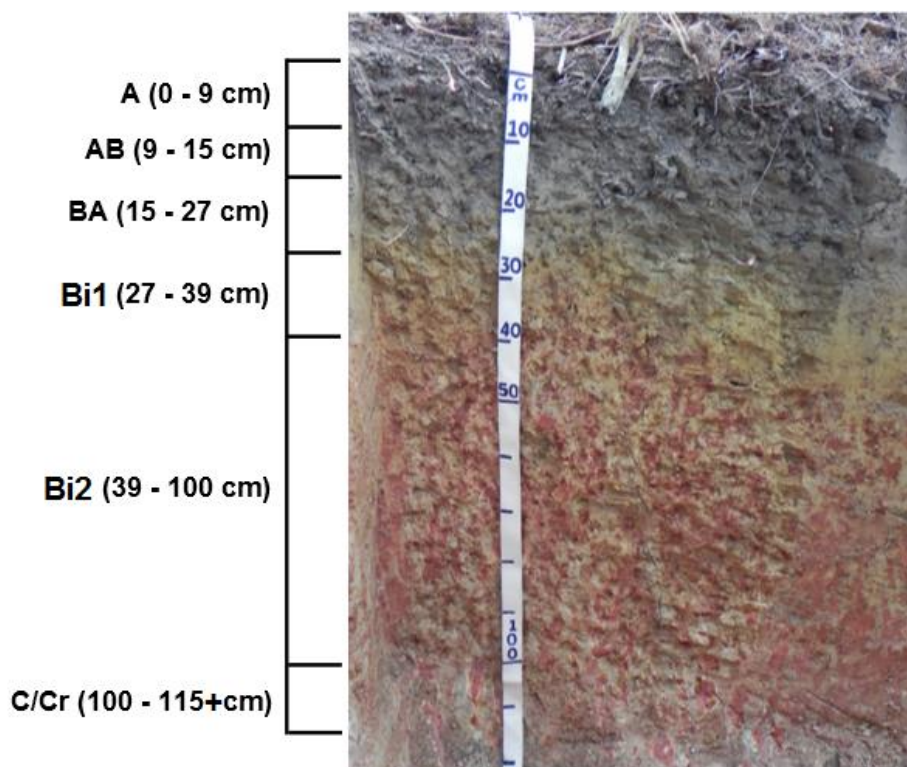
Bi2 – 39–100 cm; coloração variegada composta de amarelo brunado (10YR 6/8) e vermelho (2,5YR 4/8); argila; moderada, pequena e média, em blocos angulares e subangulares; transição clara e ondulada.

C/Cr – 100–115 cm+; franco-argilo-siltosa;

RAÍZES – Ausente nos horizontes A e AB; muitas no horizonte BA e Bi1; presente no Bi2; raras no C/Cr.

OBSERVAÇÕES:

1. Perfil coletado em mata preservada;
2. Atividade biológica (cupins) nos horizontes A e AB;
3. Presença de carvão no horizonte A;
4. Horizontes BA, Bi1 e Bi2, coletados úmidos;



C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica						Densidade			Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo	Partícula	
	(cm)	g kg ⁻¹						%	g cm ⁻³		%
A	0-9	24	163	571	242	97	60	2,36	1,16	2,50	53
AB	9-15	31	155	521	293	49	83	1,78	1,23	2,58	52
BA	15-27	21	150	488	342	98	71	1,43	1,40	2,62	47
Bi1	27-39	12	129	422	437	194	56	0,97	1,46	2,65	45
Bi2	39-100	19	124	377	480	0	100	0,79	1,48	2,67	45
C/Cr	100-115+	20	125	515	340	0	100	1,51	-	2,67	-

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Bases trocáveis K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	m	P
cmol _c kg ⁻¹											%	%	g kg ⁻¹	
4,1	3,4	-0,7	2,77	0,52	0,17	0,18	3,7	2,7	13,4	17,1	21,4	42,4	7,29	
4,3	3,7	-0,7	2,64	0,30	0,11	0,13	3,2	2,0	10,0	13,2	24,2	38,7	4,93	
4,3	3,7	-0,6	1,39	0,34	0,08	0,10	1,9	2,4	7,9	9,8	19,6	56,3	1,24	
4,6	3,8	-0,8	1,34	0,40	0,04	0,14	1,9	2,6	5,4	7,3	26,4	57,9	0,63	
4,6	3,8	-0,8	1,51	0,48	0,02	0,11	2,1	3,7	6,2	8,3	25,6	64,1	0,53	
4,6	3,7	-0,8	0,98	0,22	0,01	0,17	1,4	4,6	7,5	8,9	15,7	77,2	0,71	

Dados da Digestão Sulfúrica					Carbono Orgânico	Atividade da argila
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
g kg ⁻¹				Ki		
10,5	7,9	1,1	2,27	2,08	32,0	60,3
-	-	-	-	-	24,2	36,2
-	-	-	-	-	12,7	24,9
22,5	22,4	3,7	1,71	1,55	7,5	13,9
-	-	-	-	-	3,6	14,6
20,7	20,8	3,0	1,69	1,55	2,4	23,2

A - DESCRIÇÃO GERAL

Perfil – P2

DATA – 01/04/2013

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abrupto, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO – Município de Sirinhaém – PE, Usina Trapiche, Engenho Chã do Abacaxi. 8° 33' 58,5" S e 35° 8' 8,4" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira em terço superior da encosta de elevação em relevo forte ondulado, sob cultivo de cana-de-açúcar.

ALTITUDE – 65 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Ipojuca.

LITOLOGIA – Riolito.

CRONOLOGIA – Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito da rocha do embasamento.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado a forte ondulado, com colinas convexas.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subperenifólia.

USO ATUAL – Cultivo de cana-de-açúcar

CLIMA – As', da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho e Stephany Alves Brilhante.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – 0–16 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmida) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-argilosa; maciça coesa; fraca pequena granular; dura, muito firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição clara e ondulada.

Bt1 – 16–34 cm; amarelo brunado (10YR 6/8, úmida); argila; maciça coesa; fraca pequena e média, em blocos subangulares; dura, firme, plástica e pegajosa; transição clara e ondulada.

Bt2 – 34–53 cm; coloração variegada, composta de amarelo/bruno amarelado (10YR 7/6 e 10YR 5/6, seca e úmida) e vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmida); muito argilosa; moderada pequena e média, blocos angulares e subangulares; dura a extremamente dura, firme a muito firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BC1 – 53–76 cm; coloração variegada, composta de amarelo/bruno - amarelado (10YR 7/6 e 10YR 5/6, seca e úmida), e vermelho-escuro

(2,5YR 3/6, úmida); argila; moderada pequena e média, blocos angulares e subangulares; dura a extremamente dura, firme a muito firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

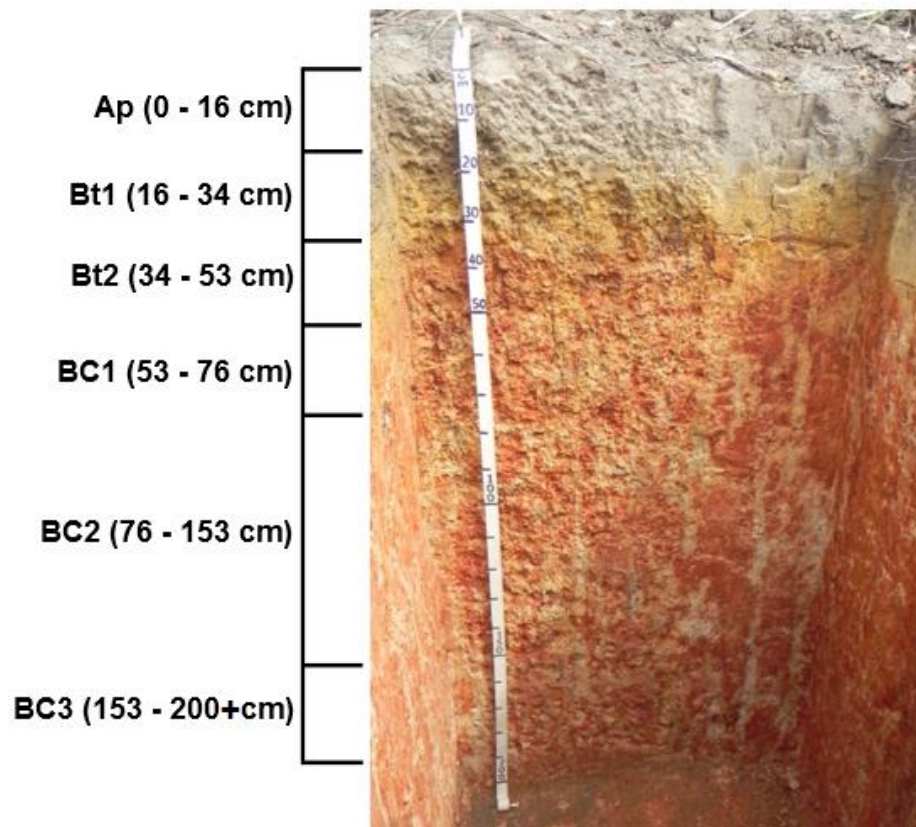
BC2 – 76–153 cm; coloração variegada, composta de amarelo/bruno - amarelado (10YR 7/6 e 10YR 5/6, seca e úmida), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmida), cinzento-claro (10YR 7/2) e bruno-forte (7,5YR 5/8); argila; moderada pequena e média, blocos angulares e subangulares; dura a extremamente dura, firme a muito firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BC3 – 153–200 cm+; coloração variegada, composta de amarelo/bruno - amarelado (10YR 7/6 e 10YR 5/6, seca e úmida), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmida), bruno-forte (7,5YR 5/8) e bruno - amarelado (10YR 5/8); argilo-siltosa; dura a extremamente dura, firme a muito firme, ligeiramente plástica e pegajosa;

RAÍZES – Comuns nos horizontes Ap, Bt1, Bt2, BC1 e BC2; raras no horizonte BC3.

OBSERVAÇÕES:

1. Estrutura granular no horizonte Ap apenas de 0-1cm, predominando estrutura maciça coesa;
2. Ocorrência de manchas escuras no horizonte Bt1 (10YR/8, úmida);
3. Horizontes BC1, BC2 e BC3, predominando estrutura em blocos angulares;
4. Perfil coletado úmido;



C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica						Densidade		Porosidade	
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo	Partícula	
	(cm)	g kg ⁻¹						%	g cm ⁻³		%
Ap	0-16	39	220	398	342	147	57	1,16	1,53	2,61	41
Bt1	16-34	20	117	287	577	0	100	0,50	1,37	2,68	49
Bt2	34-53	17	116	244	623	0	100	0,39	1,35	2,70	50
BC1	53-76	11	109	304	576	0	100	0,53	1,38	2,70	49
BC2	16-153	8	100	364	527	0	100	0,69	1,51	2,67	43
BC3	153-200+	9	85	428	479	0	100	0,89	1,49	2,70	45

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Bases trocáveis			SB	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	m	P
					Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺							
					cmol _c kg ⁻¹							%	%	g kg ⁻¹
4,6	3,9	-0,7	1,68	0,27	0,12	0,18	2,3	0,9	7,8	10,1	22,7	29,6	2,09	
4,4	3,9	-0,6	1,71	0,26	0,04	0,07	2,2	1,9	6,8	9,0	24,3	47,2	0,79	
4,3	3,8	-0,5	1,44	0,44	0,01	0,06	2,0	3,2	6,8	8,8	23,1	62,3	0,82	
4,3	3,8	-0,5	1,40	0,21	0,00	0,20	1,9	3,5	6,7	8,7	22,0	65,4	0,70	
4,3	3,8	-0,5	0,21	0,43	0,00	0,17	0,8	3,4	6,3	7,1	11,9	80,8	0,45	
4,3	3,8	-0,5	0,15	0,41	0,01	0,21	0,8	3,7	6,8	7,6	10,9	82,2	2,09	

Dados da Digestão Sulfúrica						Carbono Orgânico	Atividade da argila
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃			
g kg ⁻¹					Ki	Kr	g kg ⁻¹
8,8	9,5	0,8	1,58	1,50		12,2	29,5
-	-	-	-	-		8,4	15,5
23,6	23,7	3,2	1,69	1,56		5,0	14,1
-	-	-	-	-		3,5	15,0
-	-	-	-	-		2,5	13,5
23,8	21,6	2,8	1,88	1,73		2,4	15,9

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P3

DATA – 02/04/2013

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO – Município de Sirinhaém – PE, Usina Trapiche, Engenho Chã do Abacaxi. 8° 33' 57" S e 35° 5' 8,6" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira em terço médio de encosta convexa, em relevo ondulado, em área cultivada com cana-de-açúcar.

ALTITUDE – 53 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Ipojuca.

LITOLOGIA – Riolito.

CRONOLOGIA – Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito da rocha do embasamento.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado e forte ondulado, com colinas convexas.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subperenifólia.

USO ATUAL – Cultivo de cana-de-açúcar.

CLIMA – As', da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho e Stephany Alves Brilhante.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – 0–13 cm; bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno acinzentado escuro (10YR 4/2, seca); argilo-siltosa; fraca, média em blocos subangulares e moderada, pequena a média, granular; muito dura, firme; transição gradual e plana.

Bi1 – 13–28 cm; amarelo brunado (10YR 6/8, úmida); argila; fraca, pequena a média em blocos subangulares; firme a muito firme, não plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bi2 – 28–66 cm; coloração variegada, composta de amarelo brunado (10YR 6/6, úmida) e vermelho-claro (2,5YR 6/6, úmida); muito argilosa; fraca a moderada, pequena e média, em blocos angulares e subangulares; firme a muito firme, não plástica e pegajosa; transição gradual e ondulada.

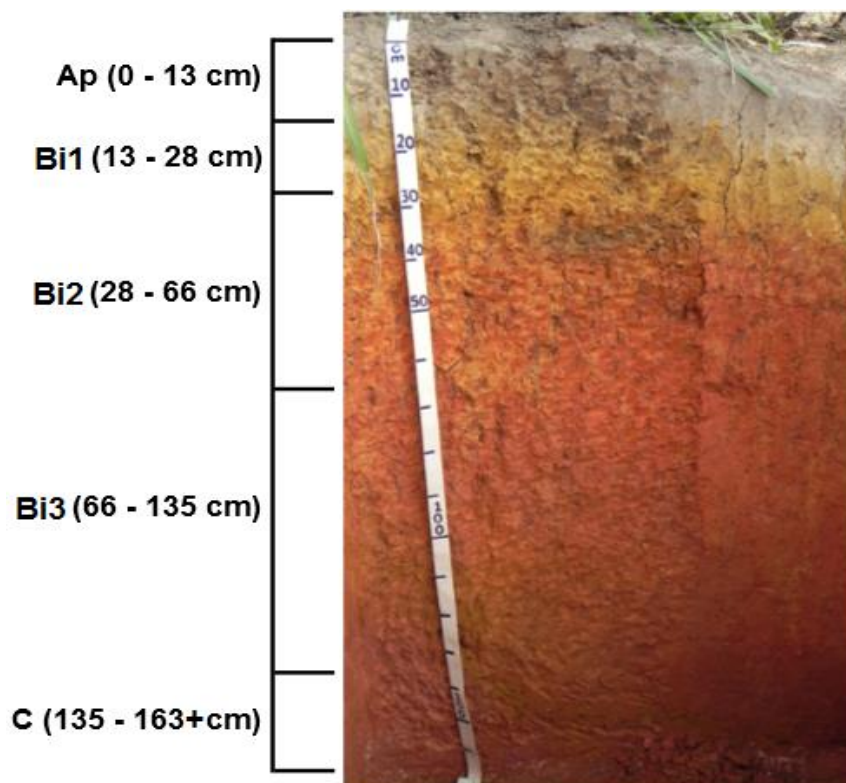
Bi3 – 66–135 cm; coloração variegada composta por vermelho (2,5YR 4/6, úmida) e amarelo brunado (10YR 6/6, úmida); argila; moderada, pequena a média em blocos angulares e subangulares; friável e muito firme, plástica e pegajosa; transição clara e ondulada, cerosidade fraca e pouca.

C – 135–163 cm+; argila;

RAÍZES – Muitas nos horizontes Ap, Bi1, e Bi2; presente no Bi3; raras no C.

OBSERVAÇÕES :

1. Pequenas manchas no horizonte Bt1 (10YR 3/2, úmida) proveniente do hor. A;
2. Veio amarelado (10YR 5/6, úmida) em Bt3, dividindo os hor. Bt3 e C;
3. Perfil coletado úmido;



C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Graunulométrica							Densidade				
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo	Partícula	Porosidade		
	(cm)	g kg ⁻¹					%	g cm ⁻³		%			
Ap	0-13	36	202	419	343	147	57	1,22	1,41	2,58	45		
Bi1	13-28	14	111	341	534	49	91	0,64	1,42	2,61	46		
Bi2	28-66	8	79	291	622	48	92	0,47	1,42	2,62	46		
Bi3	66-135	10	98	315	578	48	92	0,54	1,47	2,67	45		
C	135-163+	7	115	348	529	48	91	0,66	-	2,68	-		
pH		Bases trocáveis											
Água	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	m	P
		cmol _c kg ⁻¹									%	%	g kg ⁻¹
4,2	3,8	-0,4	1,15	0,38	0,04	0,06	1,7	1,5	13,0	14,6	11,4	47,2	11,03
4,1	3,9	-0,3	1,17	0,28	0,02	0,04	1,6	2,1	11,3	12,9	12,1	58,1	2,50
4,1	3,9	-0,3	1,41	0,37	0,03	0,04	1,9	2,6	11,9	13,8	14,0	58,4	1,31
4,3	3,9	-0,4	1,50	0,24	0,02	0,03	1,9	2,8	10,6	12,4	15,0	60,7	0,78
4,3	3,9	-0,4	0,26	0,47	0,00	0,04	0,8	3,8	11,2	12,0	6,7	82,9	0,42
Dados da Digestão Sulfúrica													
SiO ₂		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃		SiO ₂ /Al ₂ O ₃		SiO ₂ /Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃		Carbono Orgânico		Atividade da argila	
g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		Ki		Kr		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
8,6		8,6		0,9		1,70		1,59		15,3		42,7	
24,9		23,0		3,1		1,84		1,69		8,9		24,1	
25,4		22,3		3,0		1,94		1,79		9,1		22,2	
										4,8		21,5	
										3,5		22,6	

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P4

DATA – 02/04/2013

CLASSIFICAÇÃO SIBCS – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO – Município de Sirinhaém – PE, Usina Trapiche, Engenho Chã do Abacaxi. 8° 33' 55,3" S e 35° 5' 8,8" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira em terço inferior da encosta convexa, relevo ondulado, em área cultivada com cana-de-açúcar.

ALTITUDE – 36 m.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Ipojuca.

LITOLOGIA – Riolito.

CRONOLOGIA – Cretáceo.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito da rocha do embasamento.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado a forte ondulado, com colinas convexas.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subperenifólia.

USO ATUAL – Cultivo de cana-de-açúcar.

CLIMA – As', da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho e Stephany Alves Brilhante.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – 0–22 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmida) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-argilo-siltosa; maciça coesa e fraca, pequena a média, granular; muito dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BA – 22–35 cm; coloração variegada, composta de bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida); argilo-siltosa; maciça, moderadamente coesa, fraca, pequena a média em blocos subangulares; muito dura a extremamente dura, firme, plástica e pegajosa; transição clara e ondulada.

Bt – 35–70 cm; vermelho (2,5YR 4/8); muito argilosa; fraca, pequena a média em blocos subangulares; friável a firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e ondulada, cerosidade moderada e comum.

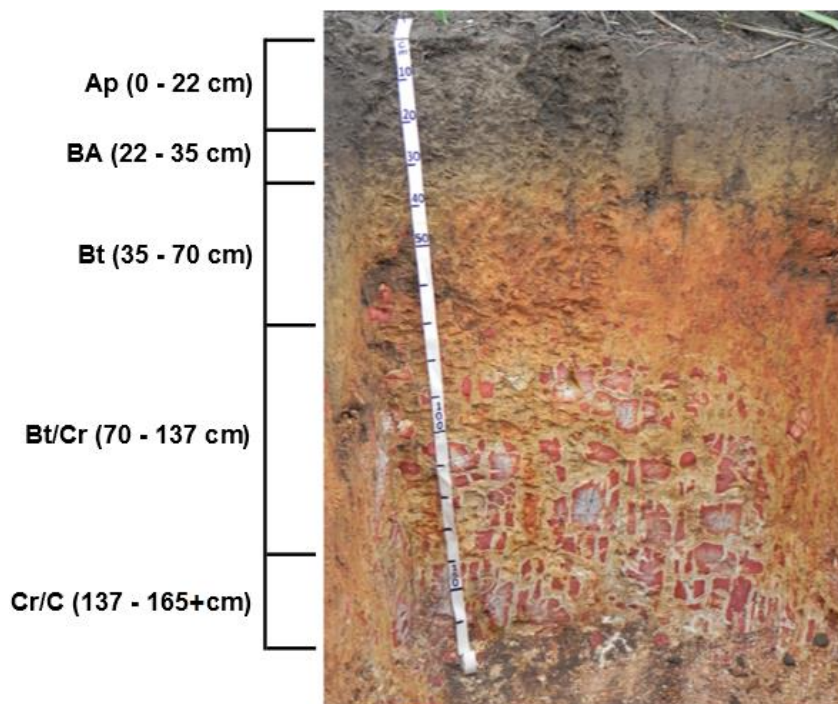
Bt/Cr – 70–137 cm; argila; transição clara e ondulada.

Cr/C – 137–165 cm+; franco-argilo-siltosa;

RAÍZES – Comuns nos horizontes Ap, BA, Bt, e Bt/Cr; raras no Cr/C.

OBSERVAÇÕES:

1. Perfil coletado úmido;



C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Graunulométrica				ADA	GF	Silte/ Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g kg ⁻¹				%	g cm ⁻³		%		
Ap	0-22	23	147	496	334	191	43	1,49	1,41	2,65	47
BA	22-35	17	122	432	429	143	67	1,01	1,44	2,68	46
Bt	35-70	6	57	298	638	46	93	0,47	1,30	2,76	53
Bt/Cr	70-137	9	67	342	582	45	92	0,59	-	2,68	-
Cr/C	137-165+	87	58	543	312	45	86	1,74	-	2,65	-

pH Água	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Bases trocáveis			SB	Al ³⁺	H + Al	CTC	V	m	P
				Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺							
			cmol _c kg ⁻¹					%	%	g kg ⁻¹			
4,2	3,7	-0,5	1,33	0,35	0,06	0,05	1,9	2,1	15,1	17,0	11,2	53,6	12,57
4,3	3,8	-0,5	1,29	0,32	0,02	0,03	1,7	1,8	12,3	14,0	12,4	52,4	2,28
4,4	3,9	-0,5	1,58	0,42	0,01	0,07	2,3	2,5	12,8	15,1	15,2	54,3	1,31
4,5	3,8	-0,7	1,67	0,20	0,01	0,05	2,2	3,3	13,0	15,2	14,3	62,9	0,84
4,3	3,9	-0,4	1,01	0,38	0,01	0,31	1,9	4,0	13,3	15,3	12,7	69,9	0,77

Dados da Digestão Sulfúrica					Carbono Orgânico	Atividade da argila
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃		
g kg ⁻¹			Ki	Kr	g kg ⁻¹	
10,9	8,3	1,1	2,22	2,05	17,2	51,0
-	-	-	-	-	11,8	32,7
20,0	23,5	2,9	1,45	1,34	9,7	23,6
-	-	-	-	-	7,0	26,2
25,9	20,5	1,7	2,15	2,04	3,4	49,0

