

ELAINE ALMEIDA DELARMELINDA

**SOLOS DESENVOLVIDOS NAS BACIAS SEDIMENTARES DO ACRE E DO
SOLIMÕES, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL**

RECIFE-PE
FEVEREIRO/2015

ELAINE ALMEIDA DELARMELINDA

**SOLOS DESENVOLVIDOS NAS BACIAS SEDIMENTARES DO ACRE E DO
SOLIMÕES, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior
Co-orientador: Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt

RECIFE-PE
FEVEREIRO/2015

Ficha catalográfica

D336s Delarmelinda, Elaine Almeida
Solos desenvolvidos nas bacias sedimentares do Acre e do Solimões, Amazônia Sul-Occidental / Elaine Almeida Delarmelinda. – Recife, 2015.
144 f. : il.

Orientador(a): Valdomiro Severino de Souza Júnior.
Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2015.
Inclui apêndice(s) e referências.

1. Cambissolos flúvicos 2. Cambissolos eutróficos
3. Solos alíticos 4. Vermiculitas 5. Esmectitas
I. Souza Júnior, Valdomiro Severino de, orientador II. Título

CDD 631.4

ELAINE ALMEIDA DELARME LINDA

**SOLOS DESENVOLVIDOS NAS BACIAS SEDIMENTARES DO ACRE E DO
SOLIMÕES, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL**

Orientador _____

Prof. Valdomiro Severino de Souza Júnior (DEPA/UFRPE)

Examinadores: _____

Prof. Tiago Osório Ferreira (ESALQ/USP)

Dr. José Coelho de Araújo Filho (Embrapa Solos/UEP Recife)

Prof. Marcelo Metri Corrêa (UAG/UFRPE)

Prof. Mateus Rosas Ribeiro Filho (DEPA/UFRPE)

RECIFE-PE
FEVEREIRO/2015

À minha família e amigos,

DEDICO

Se não sabes, aprende; se já sabes, ensina.

Confúcio

AGRADECIMENTOS

Inicialmente à toda energia superior que me fez permanecer saudável fisicamente e psicologicamente até aqui.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco que possibilitou meu ingresso no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo.

Ao CNPq que financiou a minha formação por meio da bolsa de doutorado, e à Capes por meio da bolsa de doutorado sanduíche.

Ao meu orientador, Prof. Valdomiro Severino de Souza Júnior, pelo apoio científico e emocional em todos os momentos desse curso, e também pelos conselhos valiosos e constante entusiasmo com a nossa pesquisa e minha formação acadêmica.

Ao meu co-orientador, Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt pelo suporte na fase inicial desse trabalho, e sobretudo por estar presente na minha vida desde os tempos do mestrado.

À minha família que sempre me apoiou nessa escolha, especialmente minha irmã que tanto sente minha constante ausência, e ao menino Kauê que tanto me enche de felicidade com sua ternura da criança. Ao meu afilhado Igor, por compartilharmos momentos de angústias e emoção da vida cotidiana.

Aos professores com quem aprendi bases e conceitos da ciência do solo na UFRPE: Klinger, Mateus (*in memoriam*), Clístenes, Maria Bethânia, Brivaldo, Mateus Filho, Caroline Biondi e Marcelo Metri.

Aos queridos funcionários do PPPG-CS: Maria do Socorro, José Fernando, Josué, Camilo, Luís, Rui e Ivanir, e especialmente ao Pedro Araújo da Embrapa-Acre.

Aos amigos e colegas que estiveram presentes nessa caminhada, compartilhando discussões científicas e reflexões sobre nossos constantes dilemas sobre a vida pessoal, acadêmica e profissional: Gerson, Juliet, Elis, Iwanne, Eloise, Eloá, Luís Antônio, Suzana, Deiverson, Jane Kelly, Maria da Conceição, Regilene, Mayame, Marilya, Cassius, Cláudio Henrique, Glêvia Kamila, Esmeralda, Renato, Laercio, Ygor, Igor, Remy, Flávio, Wagner, João Paulo, Diego, Kairon, Hidelblandi, Stephany, Felipe, Adelazil, Érica, Camila.

Um agradecimento especial ao Yuri e à Cinthia, companheiros de todos os momentos durante o doutorado sanduíche.

Ao grupo de pesquisa em minerais de argila da Texas A&M University coordenado pelo Prof. Dr. Youjun Deng que me recebeu e supervisionou durante o estágio sanduíche, e aos membros do seu grupo Prof. Dr. Joe Dixon pelos valiosos conselhos, aos alunos: Ana, Luke, Sabrina, Chun-Chun, pelo convívio e troca de experiências, e à Fangqun Gan pelo companheirismo de todas as horas.

Aos membros da banca pelas contribuições valiosas para a melhoria desse trabalho.

Meus sinceros agradecimentos ao grupo de pesquisa em Solos e Ambiente Amazônico coordenado pelo Prof. Milton César da UFAM/Humaitá pelo suporte durante a coleta de solos na região de Humaitá e ao Pedro Araújo da Embrapa Acre pelo grande suporte na logística.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho, muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
CAPÍTULO I - SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE TERRAÇOS FLUVIAIS DO MÉDIO RIO MADEIRA, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL	25
RESUMO	25
ABSTRACT	26
1. INTRODUÇÃO.....	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4. CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO E MINERALOGIA EM UMA LITOSSEQUÊNCIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL	51
RESUMO	51
ABSTRACT	53
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4. CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS	78
CAPÍTULO III - CAMBISSOLOS EUTRÓFICOS DESENVOLVIDOS A PARTIR DE SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES INFERIOR, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL	82
RESUMO	82
ABSTRACT	83
1. INTRODUÇÃO.....	84
2. MATERIAL E MÉTODOS	85
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
4. CONCLUSÕES	95
REFERÊNCIAS	96
CAPÍTULO IV - CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS ALÍTICOS EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES SUPERIOR, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL	99
RESUMO	99
ABSTRACT	100
1. INTRODUÇÃO.....	101
2. MATERIAL E MÉTODOS	101
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	104
4. CONCLUSÕES	111
REFERÊNCIAS	112
CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
APÊNDICE - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	116

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE TERRAÇOS FLUVIAIS DO MÉDIO RIO MADEIRA, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

Figura 1. Mapa de localização da área estudada	29
Figura 2. Representação dos locais de coleta	30
Figura 3. Paisagens das áreas de coleta dos solos	30
Figura 4. Perfis de solos estudados	33
Figura 5. Índices de intemperismo e relações entre elementos móveis e imóveis dos solos estudados	40
Figura 6. Micrografia de MEV de sílica amorfa observada na fração silte do horizonte B do Argissolo Amarelo	42
Figura 7. Difratoograma da fração argila (natural) dos perfis estudados	41
Figura 7. Difratoogramas da fração silte de amostras não orientadas da litossequência do Médio Madeira	43
Figura 8. Difratoogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Argissolo Amarelo (P1)	43
Figura 9. Difratoogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do P2	44
Figura 10. Difratoogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do P3	44
Figura 11. Fotomicrografias de partículas de mica em METHR com difração eletrônica de campo selecionado, mostrando a partículas em formato hexagonal (A) e em B franjas de rede apresentando irregularidades, e em destaque espaçamento d aproximadamente 1 nm (A)	46
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO E MINERALOGIA EM UMA LITOSSEQUÊNCIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL	
Figura 1. Mapa de localização da área de estudo	55
Figura 2. Visão geral dos perfis da litosequência, desenvolvidos de rochas sedimentares da Amazônia Sul-Occidental	59
Figura 3. Índices de intemperismo e relações entre elementos móveis e imóveis dos solos estudados	65
Figura 4. Fotomicrografias de MEV de partículas de sílica amorfa observadas nos perfis estudados, os fitólitos são indicados por setas	67
Figura 5. Difratoograma de amostras não orientadas da fração argila (natural) dos perfis estudados	68
Figura 6. Difratoogramas do material de origem do Latossolo Vermelho-Amarelo (A) e do Cambissolo Háplico	69
Figura 7. Difratoogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Latossolo Vermelho-Amarelo	69
Figura 8. Difratoogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Cambissolo Háplico	71

Figura 9. Difrátogramas experimentais e calculados de amostras da fração argila do horizonte B do Cambissolo Háplico	72
Figura 10. Teste de Greene-Kelly de horizontes A, Biv e Tr do Cambissolo Háplico derivado da Formação Solimões inferior	73
Figura 11. Difrátogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Argissolo Vermelho-Amarelo	74
Figura 12. Difrátograma experimental e calculado da amostra da fração argila do horizonte B do Argissolo Vermelho-Amarelo	74
Figura 13. Fotomicrografias de TEM da fração argila do horizonte B do Latossolo Vermelho-Amarelo destacando em A a presença de partículas de caulinita em formato hexagonal, e em B a as franjas de rede observadas na amostra	75
Figura 14. Fotomicrografias de TEM da fração argila do Argissolo, destacando as espessuras das franjas de rede observadas e os respectivos EDS	75
Figura 15. Difrátogramas de amostras não orientadas da fração silte dos perfis estudados	76
Figura 16. Fotomicrografias de MEV da fração silte de horizontes diagnósticos dos perfis estudados	76
CAPÍTULO III – CAMBISSOLOS EUTRÓFICOS DESENVOLVIDOS A PARTIR DE SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES INFERIOR, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL	
Figura 1. Mapa de localização da área estudada	85
Figura 2. Visão geral dos perfis estudados na Formação Solimões Inferior, ambos classificados como Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico	88
Figura 3. Difrátogramas de amostras não orientadas de argila (natural) do horizonte B dos perfis estudados	92
Figura 4. Difrátogramas da fração argila dos horizontes A e Biv, e Tr do Perfil 5, posição de terço superior	92
Figura 5. Difrátogramas da fração argila dos horizontes A e Biv, e Tr do Perfil 6, posição de terço inferior	93
Figura 6. Teste de Greene-Kelly em amostras dos horizontes A, Biv e camada mais profunda (Tr) do Perfil 5, os picos característicos de beidelita/nontronita ocorrem em amostras saturadas com lítio, aquecidas a 270 °C e solvatadas com glicerol	94
Figura 7. Teste de Greene-Kelly em amostras dos horizontes A, Biv e camada mais profunda (Tr) do Perfil 6, os picos característicos de beidelita/nontronita ocorrem em amostras saturadas com lítio, aquecidas a 270 °C e solvatadas com glicerol	94
CAPÍTULO IV – CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS ALÍTICOS EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES SUPERIOR, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL	
Figura 1. Mapa de localização da área estudada	102
Figura 2. Topossequência estudada na Formação Solimões Superior, os solos foram classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico típico (P7 e P8) e Argissolo Vermelho Distrófico abruptico (P9)	104

Figura 3. Difratoformas de amostras não orientadas de argila (natural) dos perfis ao longo da topossequência	109
Figura 4. Difratoformas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Perfil 7, topo de encosta	109
Figura 5. Difratoformas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Perfil 8, terço médio de encosta	110
Figura 6. Difratoformas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Perfil 9, terço inferior de encosta	110

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I –SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE TERRAÇOS FLUVIAIS DO MÉDIO RIO MADEIRA, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

Tabela 1. Caracterização morfológica dos solos estudados nos terraços fluviais do Médio Rio Madeira	34
Tabela 2. Caracterização física de solos estudados solos estudados nos terraços fluviais do Médio Rio Madeira.....	35
Tabela 3. Caracterização química de solos estudados solos estudados nos terraços fluviais do Médio Rio Madeira.....	37
Tabela 4. Digestão sulfúrica e extração seletiva na fração terra fina seca ao ar dos solos estudados nos terraços fluviais do Médio Rio Madeira.....	39
Tabela 5. Valores semiquantitativos de óxidos determinados por FRX dos solos estudados	39

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO E MINERALOGIA EM UMA LITOSSEQUÊNCIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

Tabela 1. Caracterização morfológica de solos estudados em uma litossequência na Amazônia Sul Ocidental	60
Tabela 2. Caracterização física de solos estudados em uma litossequência na Amazônia Sul Ocidental	61
Tabela 3. Caracterização química de solos estudados ao longo de uma litossequência na Amazônia Sul Ocidental	63
Tabela 4. Digestão sulfúrica e extração seletiva na fração terra fina seca dos solos estudados ao longo de uma litossequência na Amazônia Sul Ocidental	64
Tabela 5. Valores semiquantitativos de óxidos determinados por FRX dos solos estudados	65

CAPÍTULO III - CAMBISSOLOS EUTRÓFICOS DESENVOLVIDOS A PARTIR DE SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES INFERIOR, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

Tabela 1. Caracterização morfológica dos solos estudados ao longo da topossequência na Formação Solimões Inferior, Amazônia Sul-Occidental	88
Tabela 2. Caracterização física de solos estudados ao longo da topossequência	90
Tabela 3. Caracterização química de solos estudados ao longo da topossequência	90
Tabela 4. Digestão sulfúrica e extração seletiva na fração terra fina seca ao ar dos solos	91

CAPÍTULO IV - CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS ALÍTICOS EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES SUPERIOR, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

Tabela 1. Caracterização morfológica de solos estudados ao longo da topossequência na Formação Solimões Superior, Amazônia Sul Ocidental	105
Tabela 2. Caracterização física dos solos estudados ao longo da topossequência.....	106
Tabela 3. Caracterização química de solos estudados ao longo da topossequência	107
Tabela 4. Digestão sulfúrica e extração seletiva na fração terra fina seca ao ar dos solos estudados ao longo da topossequência	108

RESUMO

Na Amazônia Sul-Occidental ocorrem extensas áreas de solos originados de sedimentos localizados nas bacias sedimentares do Acre e do Solimões. Na bacia do Acre afloram principalmente sedimentos da Formação Solimões, de origem lacustre e fluvial, composta de argilitos, siltitos e arenitos. Por sua vez, a bacia do Solimões tem vasta área recoberta por sedimentos aluviais, especialmente na região do Médio Madeira, sul do estado do Amazonas. Nesse trabalho objetivou-se estudar solos em dois contextos geológicos da Amazônia Sul-Occidental: uma litossequência nos sedimentos aluviais do Médio Madeira, Bacia do Solimões, no intuito de determinar as propriedades morfológicas, químicas, físicas e mineralógicas, bem como verificar os processos de gênese que ocorrem nesses solos. O segundo contexto geológico abrange os estratos da Formação Solimões Inferior (FSI) e Superior (FSS), e objetivou-se identificar variações nas propriedades morfológicas, químicas, físicas e mineralógicas dos solos originados nessa unidade geológica; ainda no contexto da Formação Solimões, também foi objetivo do estudo identificar quais variações ocorrem nos atributos dos solos ao longo de duas topossequências. Para isso foram estudados 9 perfis de solos compreendendo as regiões de Humaitá, AM; Nova Califórnia, RO; Sena Madureira e Tarauacá, AC. Foi realizada caracterização morfológica, química (pH, cátions trocáveis, fósforo disponível, alumínio trocável, acidez potencial, carbono orgânico); e física (granulometria, densidade do solo e de partículas, argila dispersa em água e grau de floculação), extração sulfúrica e extrações seletivas com DCB e oxalato de amônio; análise por fluorescência de raios-x da composição química total; análises mineralógicas por difração de raios-x utilizando amostras de argila com tratamentos de saturação e térmico, e pó não orientado da fração silte e argila. Adicionalmente foram realizadas análises por MEV e MET com EDS acoplado, e modelagem para estudo de interestratificados. De forma geral, foi observado variações em relação às propriedades dos solos nos sedimentos aluviais do Médio Madeira, e que a flutuação do lençol freático e a má drenagem restringe processos de perda de elementos, além disso ocorre mica, vermiculita, VHE, pirofilita, quartzo e caulinita na fração argila desses solos, nesse local foram observados Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico e Cambissolos Flúvico Alumínico típico. Na Formação Solimões foram observados Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico vertissólico na FSI, Nitossolo Háplico alítico típico e Argissolo Vermelho Alítico nitossólico na FSS, com predomínio de esmectita, ilita, caulinita e quartzo na fração argila, e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, este último provavelmente associado a coberturas Detrito-Lateríticas com predomínio de caulinita, quartzo e gibbsita. Em relação às variações dos solos nas diferentes posições da paisagem, observa-se que na FSI não há variação nas propriedades dos solos em posição de terço superior e inferior, ocasionado pela alta restrição à drenagem desses solos. Na FSS as variações ocorrem em relação aos teores de bases trocáveis que tendem a aumentar nas partes mais baixas do relevo, enquanto os valores de alumínio trocável diminuem. Nesses solos, a mineralogia é muito semelhante nos horizontes A e B, enquanto em profundidade ocorrem variações que parecem estar relacionadas à deposição de outros materiais minerais.

Palavras-chave: litossequência, topossequência, esmectitas, VHE, ilita, terraços aluviais.

ABSTRACT

There are large areas of soils in the Southwestern Amazon originated of sediments from the Acre and Solimões sedimentary basins. In Acre basin arises sediments of Solimões Formation of lacustrine and alluvial origin, composed of mudstones, siltstones and sandstones. However, the Solimões basin has extensive area covered by alluvial sediments, especially in the region of Eastern Wood, south of Amazonas state. This work aimed to study soil in two geological framework of southwestern Amazon: a litosequence in the alluvial sediments of the Middle Madeira River, Solimões Basin, in order to determine the morphological, chemical, physical and mineralogical properties, and to study the processes of genesis occurring in these soils. The second geological context is the two strata of Solimões Formation in Acre Basin, consisting the Lower Solimões Formation (LSF) and Higher Solimões Formation (HSF), and aimed to identify changes in morphological, chemical, physical and mineralogical soil properties originated from this geological unit. In addition, was also an objective of the study to identify variations which occur in the soil properties along two toposequences in the Solimões Formation. The investigation comprising the regions of Humaitá city, Amazonas state; Nova Califórnia district, Rondônia state; Sena Madureira and Tarauacá cities, Acre state. It was studied nine soil profiles, including morphological characterization, chemical analysis (pH, exchangeable cations, available phosphorus, exchangeable aluminum, potential acidity, organic carbon); and physical (particle size, bulk and particle density, water dispersible clay and flocculation), sulfuric extraction and selective extractions with DCB and ammonium oxalate; analysis by x-ray fluorescence to total chemical; mineralogical analysis by x-rays diffraction using clay samples with saturation and thermal treatments, and not oriented powder of silt and clay. Additionally, analysis were performed by SEM and TEM coupled with EDS, and modeling for interstratified study. In general, we observed variations in relation to soil properties in the alluvial sediments of the Madeira River, and that fluctuation of the water table and poor drainage restricts process of leaching, also occurs mica, vermiculite, HIV, pyrophyllite, quartz and kaolinite in the clay fraction. The soils were Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico and Cambissolo Flúvico Alumínico típico. In the Solimões Formation was observed Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico in LSF, Nitossolo Háplico Alítico típico and Argissolo Vermelho Alítico nitossólico in the USF, a predominance of smectite, illite, kaolinite and silica in the clay fraction, and Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, the latter probably associated with Debris-Lateritic a predominance of kaolinite, quartz and gibbsite. In relation to changes in soils in different landscape positions, it was observed in the LSF there is no one variation in soil properties in upper and lower position, probably because of the high restriction on the drainage. In USF variations are related to the values of exchangeable bases that tend to increase in the lower parts of the relief, while the exchangeable aluminum values decreases. In these soils, the mineralogy is very similar in the A and B horizons, while in depth occurs variations related to the deposition of other mineral materials.

Keywords: litosequence, toposequence, smectites, HIV, illite.

INTRODUÇÃO GERAL

O ambiente geológico da Amazônia apresenta nitidamente dois grupos distintos, as áreas de embasamento pré-cambriano, e as bacias sedimentares que atualmente separam os escudos em duas unidades (Figura 1).



Figura 1. Figura esquemática das coberturas fanerozóicas e embasamento pré-cambriano da porção continental da Placa Sul-Americana (Schobbenhaus e Neves, 2003).

Os compartimentos geológicos da Amazônia, o embasamento cristalino denominado Cratón Amazônico, sendo subdividido nos embasamentos Escudos das Guianas e Escudo Brasil Central, que caracterizam as principais feições que conservam a natureza ígnea e metamórfica do cratón (Santos, 2003). Nessas áreas comumente ocorrem os solos mais evoluídos da Amazônia.

A formação do Cratón Amazônico é associada ao período do Pré-Cambriano, constituindo-se de litotipos de natureza ígnea e metamórfica, compreendendo as feições

consequentemente solos com características químicas, físicas, morfológicas e mineralógicas distintas.

A Amazônia Sul-Occidental representa os estados do Acre, Rondônia e região sul do Amazonas. Nessa região, predominam as bacias do Acre e do Solimões, essas apresentam estratigrafias distintas, e apenas a Formação Solimões em comum, apesar da ocorrência de diferenciações dessa unidade em algumas regiões das bacias.

Em consonância a essa situação, os solos derivados desses materiais apresentam claramente características muito diferentes, pois ocorre grande variabilidade de material de origem entre e dentro de cada contexto geológico dessas bacias.

A bacia do Acre localiza-se no extremo oeste do país, é limitada a leste pelo arco de Iquitos e se estende a oeste para regiões dos países vizinhos, sendo denominada Bacia de Ucayali e de Madre de Dios no Peru, e Marañon na Colômbia. Essa bacia em sua porção ocidental, apresenta falhas relacionadas à tectônica andina, assim os eventos geológicos ocorridos nessa bacia sempre estiveram sob a influência dessas atividades sísmicas da cordilheira andina (Cunha, 2007; Maia, 1977).

A evolução geológica dessa bacia iniciou-se antes da separação dos continentes, ocorrendo rifteamento intracontinental e deposição pericratônica e marginal (incursões marinhas) no Paleozóico, possivelmente a Formação Juruá Mirim, e que apresenta a maior espessura (3000 m) entre todas as formações constituintes da bacia, é uma das mais antigas, no entanto não é constatado afloramento da mesma (Cunha, 2007).

Com a separação dos continentes, e anteriormente à Orogenia Andina, os rios da Amazônia drenavam no sentido leste-oeste e havia incursões marinhas muito ativas vindas do Pacífico, somente após o estabelecimento dos Andes o sentido de drenagem foi invertido. Nesse período, acredita-se que houve a formação de um grande lago não apenas na Bacia do Acre, mas em toda a Amazônia Occidental, e que áreas fontes de sedimentos provinham de rios que ainda drenavam no sentido leste-oeste, mas também rios que já drenavam dos Andes, e uma fonte de sedimentos marinhos que drenavam do norte (próximo à região da Venezuela), nessa fase as cordilheiras estavam em estágio de soerguimento (Cavalcante, 2006).

Das formações sedimentares da Bacia do Acre, a Formação Solimões compõe uma ampla parte da litoestratigrafia recente da Bacia do Acre, mas também aflora na Bacia do Solimões, e em uma pequena porção da Bacia Amazônica, podendo caracterizá-lo nessa região como o final do avanço da formação a leste, além disso, também compõem as bacias dos rios Putamayo e Caquetá na Colômbia a oeste, e Marañon no Peru (Maia et al., 1977).

A espessura da Formação Solimões varia conforme a região, contudo, na Bacia do Acre pode alcançar 2200 m de espessura e na Bacia do Solimões 1800 m, enquanto na Bacia do Amazonas alcança apenas 200 m, o que confirma o seu avanço final nessa região (Cunha, 2007; Cunha e Silva, 2007; Wanderley et al., 2007).

A Formação Solimões aflora em 90% do estado do Acre na estratigrafia da era Cenozóica, apresenta sedimentos de origem continental em ambiente flúvio-lacustre. Contudo, da era Mesozóica, ocorrem quatro formações, totalizando 1000 m de espessura, a Formação Ramón constitui a última deposição dessa era, e aflora em algumas pequenas regiões da bacia, constituída principalmente de sedimentos marinhos em um ambiente de maior drenagem, essa formação constitui a base da Solimões (Maia, 1977).

De maneira geral, a Formação Solimões apresenta o topo formado por arenitos intercalados com camadas de argila branco-avermelhada denominada Formação Solimões Superior, de origem Pliocênica, enquanto a base é constituída de camadas argilosas cinzento-esverdeadas, maciça e rica em fósseis sendo denominada Formação Solimões Inferior, do Mioceno (Mota, 2008).

A Formação Solimões Superior, caracterizada pela presença de arenitos e diferenciação dos níveis de terraços fluviais, teve sua formação com os momentos de saída do mar e englobam uma faixa da região sudeste do Acre, próximo ao município de Rio Branco, e na região central próximo ao município de Tarauacá (Acre, 2006).

Por sua vez, a Formação Solimões Inferior é composta de rochas pelíticas, com argilitos intercalados com siltitos, arenitos finos e linhitos formados em ambiente redutor predominantemente lacustre e fonte de deposição flúvio-marinho (Acre, 2006).

Durante o processo de deposição dos sedimentos houve um grande aporte de material de origem marinha e fluvial em um ambiente lacustre, de pouca profundidade e provavelmente pantanoso, formando siltitos, argilitos, arenitos de granulometria média e fina e linhitos, materiais carbonáticos, fossilíferos em menor intercalação, raramente com manchas de óxidos de ferro (Latrubesse et al., 2010), notadamente esses materiais apresentam ocasionalmente colorações esverdeadas e claras devido ao ambiente estagnado de sedimentação.

No processo de evolução da Bacia do Acre, o ambiente da atual floresta amazônica correspondia a uma região semiárida, aproximadamente 4000 a 8000 anos atrás, fator que pode ter contribuído para a manutenção da natureza do material depositado, mantendo minerais com alto teor de sílica no sistema (Mayle & Power, 2008) e consequentemente solos com minerais 2:1 (Anjos, 2010).

Na Formação Solimões Inferior, ocorrem principalmente solos esmectíticos, herdado do material de origem, argila de atividade alta, pouco conteúdo de óxidos de ferro, elevados teores de soma de bases e dentro do ambiente de histórico de altos teores de alumínio associados a altos teores de cálcio e magnésio, caracterizando Cambissolos, Vertissolos e Luvisolos (Anjos et al., 2010). Já na Formação Solimões Superior, também o ocorre presença de esmectitas e solos de argila de atividade alta, maiores teores de óxidos de ferro e frequentemente elevados teores de Al, caracterizando Argissolos Vermelho Alíticos (Oliveira, 2013).

Em relação ao uso agrícola desses solos, constata-se que as limitações não estão relacionadas às propriedades químicas, já que frequentemente apresentam soma de bases elevadas e altos teores de alumínio sem correlação positiva com fitoxidez (Gama e Kiehl, 1999). No entanto, em relação às propriedades físicas, observa-se um alto grau de suscetibilidade à erosão nos solos da Formação Solimões Superior quando desmatados e utilizados com pastagens, e sobretudo por ocorrerem em áreas de relevo ondulado à forte ondulado, sendo muito suscetíveis à desmoronamentos, já na Formação Solimões Inferior as principais limitações estão relacionadas à alta capacidade de contração e expansão, e drenagem restrita nos solos da Formação Solimões Inferior (Amaral, 2007; Anjos et al., 2010; Wadt et al., 2010).

Em relação a bacia do Solimões, esta é recoberta pela Formação Solimões em seu extremo oeste, apresentando sedimentos de natureza muito semelhante. No entanto na parte central e leste da Bacia tende a aflorar sedimentos de outra natureza e geocronologia distinta, denominada atualmente de Formação Içá, apesar dos primeiros trabalhos tratá-la como Formação Solimões (CPRM, 2005).

Outra característica observada na Bacia do Solimões é o afloramento de vastas áreas de depósitos aluvionares de natureza argilosa (CPRM, 2005). Isso advém de amplas redes hidrográficas banhando a área, como o Rio Madeira, que apresentavam áreas de inundação maiores do que as atuais, depositando grandes quantidades de sedimentos, o que atualmente é refletido como material de origem em muitos solos da região.

A Formação Içá abrange uma grande porção da Bacia do Solimões, é mais recente que a Formação Solimões, sendo datada do Pleistoceno. Foram identificados na região de influência, arenitos finos e grossos compostos de quartzo, feldspatos e micas (Rosseti et al., 2003). Ao contrário da Formação Solimões de origem flúvio-lacustre, a Formação Içá é essencialmente fluvial de alta energia, e possivelmente começou a ser depositada após o momento de inversão do fluxo do rio Amazonas e desenvolvimento de um novo sistema fluvial (Maia et al., 1977).

Essa unidade litoestratigráfica é composta de arenitos, e em menores proporções siltitos, argilitos e conglomerados de ambiente continental, os arenitos apresentam tons amarelo-avermelhado, oxidados, friáveis, com granulometria variando de fina a grosseira, com variações de matriz argilosa e silticos; podem ocorrer associados a seixos de argilitos e silicatos ferruginosos; quando ocorrem os pelitos (siltitos e argilitos) apresentam variações litológicas e colorações esbranquiçadas ou amarelo-avermelhadas (Maia et al., 1977). Outros autores também registraram nessa formação a presença de arenitos finos e médios com matriz argilosa, feldspáticos, micáceos e ferruginosos intercalados, também argilitos e siltitos com argilominerais do grupo da caulinita e montmorilonita (Brasil, 1978).

Outra unidade geológica que ocorre na área está relacionada aos depósitos aluviais do quaternário, diferenciados nesse trabalho por Depósitos de Terraços Fluviais e os Depósitos Aluvionares, relacionados à atual rede de drenagem da Amazônia. O material depositado é constituído de material de granulação fina e coloração branca com tonalidades avermelhada e amarelada (Brasil, 1978).

Os Depósitos de Terraços Fluviais são mais antigos, e registram a evolução da rede de drenagem instalada na região após a elaboração da superfície de aplainamento neopleistocênica (Brasil, 1978).

Apresentam uma distribuição descontínua, representando diferentes padrões deposicionais, possivelmente devido a oscilações climáticas do período interglacial e de caráter tectônico em épocas passadas. Além disso, essas áreas apresentam formas muito semelhantes às daquelas das planícies aluviais antigas, indicando que os rios apresentavam dimensões muito maiores e drenavam essas áreas, nos depósitos aluvionares, predominam sedimentos siltico-argilosos e areia de granulação muito fina (Brasil, 1978).

Na bacia do Solimões na região de Humaitá ocorre o domínio geológico da Formação Içá, os Depósitos de Terraços Fluviais e os Depósitos Aluviais Recentes do quaternário, predomina o relevo plano, vegetação de campo cerrado em contato com a floresta tropical (Braun & Ramos, 1951; CPRM, 2005). A vegetação de campo representa a ocorrência de gramíneas e algumas espécies arbóreas retorcidas, que estão associadas às áreas dos Terraços Antigos, enquanto nos demais domínios ocorre a Floresta Tropical Aberta.

Em relação aos domínios morfoestruturais, os solos dos depósitos aluvionares estão sob o domínio da planície amazônica, que englobam tanto as áreas inundáveis quanto os terraços fluviais, e na Formação Içá predomina o planalto rebaixado da Amazônia Ocidental, com relevos dissecados em interflúvios tabulares (Brasil, 1978). O índice pluviométrico na região sul do Amazonas está em cerca de 2200 mm por ano, em um ambiente de drenagem moderada a imperfeita.

É observado nessas regiões dos Terraços Fluviais e na Formação Içá frequentemente solos com caráter plíntico, enquanto nos Aluviões Recentes Cambissolos Flúvicos também em ambiente de drenagem restrita (IBGE, 2010; Campos et al., 2012).

Campos (2009) estudando esses solos observaram nas áreas denominadas Campos Altos, que constituem os Terraços Fluviais, solos formados em áreas de restrição à drenagem, com baixa evolução pedogenética, argilosos e muito argilosos, comumente com caráter plíntico e altos valores de alumínio, a exemplo de Cambissolos, Gleissolos e Argissolos.

O mesmo autor enfatiza a influência do relevo e lençol freático na formação desses solos, alternando ciclos de umedecimento e secagem que tendem a segregar e concentrar óxidos de ferro na forma de mosqueados e assim formar o caráter plíntico observado nesses solos.

Em decorrência da alta pluviosidade da região, além do baixo grau de floclação no horizonte superficial constatado no trabalho de Campos (2009) parece que a lessivagem é um processo de formação de solo preponderante nesse ambiente, influenciando na formação do horizonte B textural nesses solos.

A partir desse contexto, observa-se que na Amazônia Sul-Occidental, o material de origem, as mudanças climáticas do quaternário, além de flutuações do lençol freático influenciam drasticamente na formação dos solos nessa região.

Os estudos de solos nesse ambiente são cruciais para o planejamento do uso adequado desse recurso, visto que é nítida as diferentes propriedades desses solos, e ainda há necessidade de muitos estudos visando fornecer informações que auxiliem no desenvolvimento de ações de uso e conservação dos solos adaptados à realidade dessas áreas.

A partir do exposto esse trabalho tem como hipótese que na Amazônia Sul-Occidental mesmo em área de clima tropical úmido, a evolução pedogenética de solos em áreas de rochas sedimentares é influenciada expressivamente pelas características do material de origem.

Dessa forma o conhecimento das propriedades do solo associadas a paisagem em que está inserido, propicia o entendimento da evolução desses, e conseqüentemente informações sobre as potencialidades e limitações impostas às peculiaridades dos solos em cada ambiente.

Diante do exposto, esse trabalho tem como hipótese que em áreas de rochas sedimentares e também sedimentos inconsolidados da Amazônia Sul-Occidental, mesmo

em condições de clima quente e úmido, o material de origem é o principal fator de formação do solo.

Nesse sentido esse trabalho visa estudar solos desenvolvidos nesse ambiente, a partir dos seus atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos nas bacias sedimentares do Acre e do Solimões na Amazônia Sul-Occidental, e tem como objetivos específicos:

Estudar solos originados dos terraços fluviais do Médio Rio Madeira, objetivando realizar a caracterização desses solos, bem como compreender a evolução desses solos formados por sedimentos depositados em diferentes períodos;

Identificar as variações de solos derivados dos diferentes estratos sedimentares da Formação Solimões, buscando entender sua evolução pedogenética em função dos distintos materiais de origem na paisagem amazônica;

Identificar as variações nos atributos morfológicos, químicos, físicos e mineralógicos que ocorrem nos solos ao longo da Formação Solimões Superior e Inferior em diferentes posições da paisagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACRE, Zoneamento Ecológico Econômico, fase II. Mapa geológico do Estado do Acre. Rio Branco: SEMA, 2006
- ACRE. Zoneamento Ecológico-Econômico, fase II. Rio Branco: SEMA, 2006, 354p.
- AMARAL, E.F. do. Estratificação de ambientes para gestão ambiental e transferência de conhecimento, no estado do Acre, Amazônia Ocidental. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 185f. 2007.
- ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S. (Eds). Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Correlação e Classificação de Solos. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, 100p.
- BARDALES, N.G. Gênese, morfologia e classificação de solos do Baixo Vale do rio Iaco, Acre, Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 132f. 2005.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB.20 Purus: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 566p.
- CAMPOS, M.C.C. Pedogeomorfologia aplicada a ambientes Amazônicos do médio rio Madeira. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 224f. 2009.
- CAMPOS, M.C.C., RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S. de; RIBEIRO FILHO, M.R.; ALMEIDA, M. da C. de. Relações solo-superfície geomórfica em uma Topossequência Várzea-Terra firme na Região de Humaitá (AM). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.325-336, 2012.
- CAVALCANTE, L.M. Aspectos geológicos do Estado do Acre e implicações na evolução da paisagem. Rio Branco: Embrapa Acre (Documentos, 104). 2006, 25p.
- CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Mapa geológico do Estado do Amazonas. Manaus: SUREG, 2005.
- CUNHA, P.R. da C. Bacia do Acre. Boletim de Geociências Petrobrás, v.15, n.2, p.207-215, 2007.
- CUNHA, P.R. da C.; Melo, J.H.G. de; Silva, O.B. da. Bacia do Amazonas. Boletim de Geociências Petrobrás, v.15, n.2, p.227-251, 2007.
- GAMA, J.R.N.F.; Kiehl, J.C. Influência do alumínio de um Podzólico Vermelho Amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, 1999.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Solos do Amazonas, 2010.
- LATRUBESSE, E.M.; COZZUOL, M.; SILVA-CAMINHA, S.A.F. DA; RIGSBY, C.A.; ABSY, M.L.; JARAMILLO, C. The Late Miocene paleogeography of the Amazon Basin and the evolution of the Amazon River system. Earth- Science Reviews, v.99, p.99 –124, 2010.
- MAIA, R.G.N.; GODOY, H.K.; YAMAGUTI, H.S.; MOURA, P.A. de; COSTA, F.S.F. da; HOLANDA, M.A. de; COSTA, J. de A. Projeto carvão no alto Solimões, relatório final. CPRM, 141p, 1977.
- MAYE, F.E.; POWER, M.J. Impact of a drier Early-Mid-Holocene climate upon Amazonian forest. Philosophical Transactions of the Royal Society, v.363, p.1829-1838, 2008.

MILANI, E.J.; RANGEI, H.D.; BUENO, G.V.; STICA, J.M.; WINTER, W.R.; CAIXETA, J.M.; Pessoa Neto, O. da C. Bacias Sedimentares Brasileiras – Cartas Estratigráficas. Boletim de Geociências Petrobrás, v.15, n.2, p.183-205, 2007.

MOTA, B.M. Proveniência da Formação Içá e de sedimentos do rio Solimões, entre os municípios de Tefé e Manacapuru – Amazonas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, 112f. 2008.

OLIVEIRA, V.A. de. Relações Solo-Paisagem entre os Municípios de Cruzeiro do Sul e Rio Branco, no Estado do Acre. In__ Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S.; LUMBRERAS, J.F.; PEREIRA, M.G. cap.6, p.131-145, Brasília: Embrapa, 2013. 204p.

SANTOS, J.O.S. Geotectônica dos Escudos das Guianas e Brasil-Central. In: Bizzi, L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R.M.; Gonçalves, J.H. (eds). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil, cap.4, p.169-195. CPRM: Brasília, 2003.

SCHOBHENHAUS, C.; NEVES, B.B. de B. A Geologia do Brasil no Contexto da Plataforma Sul-Americana. In: L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil, CPRM: Brasília, 2003.

SILVA, A.J.P. da; LOPES, R. da C.; VASCONCELOS, A.M.; BAHIA, R.B.C. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: Bizzi, L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R.M.; GONÇALVES, J.H. (eds.). Cap. II. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. CPRM, Brasília, 2003. 361p.

WADT, P.G.S. ANJOS, L.H.C. dos; GONÇALVES, H. dos S.; JACOMINE, P.K.T.; COSTA, F. de S. Desafios da IX RCC: Objetivos, Metas e as Expectativas de Usuários do SiBCS. In: Anjos, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S. (Eds). Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Correlação e Classificação de Solos. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, 100p.

CAPÍTULO I

SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE TERRAÇOS FLUVIAIS DO MÉDIO RIO MADEIRA, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

RESUMO

A região do Médio Rio Madeira apresenta solos desenvolvidos de depósitos de terraços fluviais, depósitos aluviais e da Formação Içá, também de origem fluvial. A pedogênese desses solos tem estreita relação com flutuações do lençol freático, restrição à drenagem e paleoclimas da Amazônia. Este trabalho objetivou estudar solos desenvolvidos de três terraços do Médio Madeira por meio da caracterização e interpretação dos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos. Para isso foi realizada a caracterização morfológica, caracterização química, sendo determinado soma de bases, acidez trocável e potencial, fósforo disponível e carbono orgânico; granulometria, densidade do solo e de partículas; extração seletiva de ferro por ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato de amônio; extração sulfúrica para determinação de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO ; e fluorescência de raios-x para semiquantificação da composição química total. O estudo da assembleia mineralógica do solo abrangeu a difração de raios-x para caracterização da fração silte em pó não orientado, fração argila em pó não orientado e lâminas orientadas e submetidas a tratamentos de saturação com cátions e tratamentos térmicos. Associado a isso foi realizada análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da fração silte e microscopia eletrônica de transmissão (MET) da fração argila, a fim de observar estruturas e fases interestratificadas. Os solos estudados foram classificados como Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico (P1) e Cambissolo Flúvico Alumínico típico (P2 e P3). Os baixos valores de cátions básicos nesses perfis ocorrem devido à composição dos sedimentos depositados, em que predomina argilominerais filossilicatados e quartzo. Em todos os perfis ocorre caulinita, mica, quartzo e vermiculita na fração argila, sendo que no P2 ocorre a presença de VHE. A forte influência da flutuação do lençol freático nos perfis estudados e a drenagem restrita especialmente no P2 e P3, preserva a presença de argilominerais do tipo 2:1 nesses solos. A partir do MEV observou-se a presença de sílica amorfa que contribui para aumentar a estabilidade dos filossilicatos nesse ambiente, e no MET observou-se partículas de mica em estágio de intemperismo, possivelmente com neoformação de outros filossilicatos. A partir da FRX e índices de intemperismo calculados constatou-se que os solos da Formação Içá são os mais evoluídos, provavelmente devido ao maior tempo de exposição dos sedimentos, além da melhor drenagem.

Palavras-chave: vermiculita, VHE, ilita, FRX, MET, MEV.

ABSTRACT

The region of the Middle Rio Madeira has developed soil deposits of river terraces, alluvial deposits and Içá Formation, also of fluvial origin. The pedogenesis of these soils is closely related to fluctuations in the water table, restriction on drainage and paleoclimate in Amazon. This study investigated the soils of three terraces of the Middle Madeira River through a characterization and interpretation of morphological, physical, chemical and mineralogical properties. Was performed morphological analysis; chemical analysis including sum of bases, exchangeable acidity and potential, available phosphorus and organic carbon; particle size, bulk and particle density; selective extraction of iron by dithionite-citrate-bicarbonate and ammonium oxalate; sulfuric acid extraction for determination of SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ and TiO; and x-ray fluorescence to semiquantification of the total chemical composition. The study of mineral soil assembly included the x-ray diffraction to characterize the silt in non-oriented powder, clay powder in oriented and non-oriented plates and subjected to cation saturation treatments and heat treatments. In addition, was done scanning electron microscopy analysis (SEM) in silt fraction, and transmission electron microscopy (TEM) in clay fraction, in order to observe structures and interstratified phases. The soils were classified as Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico (P1), Cambissolo Flúvico Alumínico típico (P2 e P3). The low values of basic cations in these profiles were due to the composition of the sediments that are mostly clay minerals and quartz. In all profiles occurs kaolinite, mica, quartz and vermiculite in clay, and in the P2 is the presence of HIV. The strong water table fluctuation in the soil profiles and the restricted drainage, especially in P2 and P3, preserves the presence of 2:1 clay minerals. The SEM showed the presence of amorphous silica contributes to increase the stability of phyllosilicates in this environment, and by TEM was observed mica particles in weathering stage probably to neoformation of new phyllosilicates. From the XRF and weathering indices was found that the Içá Formation soil is more advanced, probably due to the longer exposure time of the sediments, besides the improved drainage.

Keywords: vermiculite, HIV, illite, MET, MEV, FRX.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia Brasileira é conhecida pelas condições climáticas de elevadas temperaturas e precipitação, que favorecem altas taxas de remoção de sílica do sistema (Schaetzl & Anderson, 2005). No entanto, condições ambientais adicionais proporcionam solos de baixo grau de desenvolvimento e propriedades distintas de solos altamente intemperizados, a exemplo dos paleoclimas, flutuação do lençol freático e condições de restrição à drenagem (Fritsch et al., 2011; Lima et al., 2006; Marques et al., 2002).

Na Amazônia Sul-Occidental os solos de baixo desenvolvimento pedogenético correspondem àqueles desenvolvidos sobre depósitos sedimentares cenozoicos, que nessa região abrange os estados do Acre, Amazonas e Rondônia. Nesses ambientes, os sedimentos de idade mais recente correspondem majoritariamente aos terraços aluviais depositados em idade pleistocênica-holocênica de grande expressão no sul do Amazonas.

Os sedimentos fluviais no sul do Amazonas são transportados principalmente pelo Rio Madeira, e os terraços fluviais representam flutuações do nível do rio que estão associadas a atividades geológicas, estabelecimento dos fluxos de drenagem após a elaboração da superfície de aplainamento neopleistocênica e mudanças climáticas pretéritas, além disso, compreendem extensas áreas que apresentam peculiar composição florística na Amazônia, constituída por Floresta Tropical densa e aberta que circundam áreas de campo/cerrado, em relevo variando de suave ondulado a plano (Brasil, 1978; Campos et al., 2012; Cohen et al., 2014; Rossetti et al., 2014).

O estabelecimento desses terraços está associado tanto a períodos de flutuação climática, que compreendem principalmente períodos glaciais/interglaciais do Pleistoceno tardio-Holoceno, presença de paleocanais na região, e também da influência de reativações tectônicas de soerguimento e subsidência da placa Sul-Americana (Rossetti et al., 2014).

De acordo com pesquisas recentes, a região do Médio Rio Madeira apresentou no período de 50000 a 26000 cal A.P. clima úmido, de 26300 a 15300 cal A.P. períodos secos e 15300 a 10000 cal A.P. foi estabelecido um novo período úmido (Rossetti et al., 2014). Dessa forma a dinâmica da evolução das paisagens pleistocênica-holocênica está relacionada com os últimos períodos glaciais e interglaciais e consequentes transições de climas úmidos e secos em baixas e médias latitudes (Hirsch et al., 2015; Mahaney et al., 2014).

Nesse sentido, Campos et al., (2012) estudando uma topossequência na região observaram que esses apresentam comumente caráter plíntico e argila de alta atividade.

Diante da recente condição de sedimentação, flutuações do lençol freático e má drenagem, a conseqüente reduzida intensidade de processos de monossilicização podem preservar ou reduzir as taxas de alteração de argilominerais 2:1 nesses solos, seja pelas condições de climas áridos no passado e/ou do predomínio da drenagem restrita (Dosseto et al., 2006), assim a presença de argilominerais do tipo 2:1 nesse ambiente também pode estar associado às fases interestratificadas.

Dessa forma, a assembleia mineralógica desses solos pode constituir um registro da intensidade dos processos pedogenéticos bem como possíveis condições paleoambientais que predominaram nesse ambiente (Gao et al., 2012; Huang et al., 2011; Tatyanchenko et al., 2013).

Este trabalho objetivou estudar os solos de três terraços fluviais do Médio Rio Madeira por meio da caracterização e interpretação dos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área estudada e coleta de campo

Os solos foram descritos e coletados na região do município de Humaitá, Amazonas (Figura 1). Foi selecionada uma litossequência composta por três perfis de solo nos terraços fluviais do Médio Rio Madeira. O clima da região é do tipo Am, tropical úmido com período seco de pequena duração (entre os meses de maio e setembro) e temperatura média anual é de 25 a 26 °C, precipitação de 2200 a 2700 mm e umidade relativa do ar de 85 a 90% (INMET, 2009).

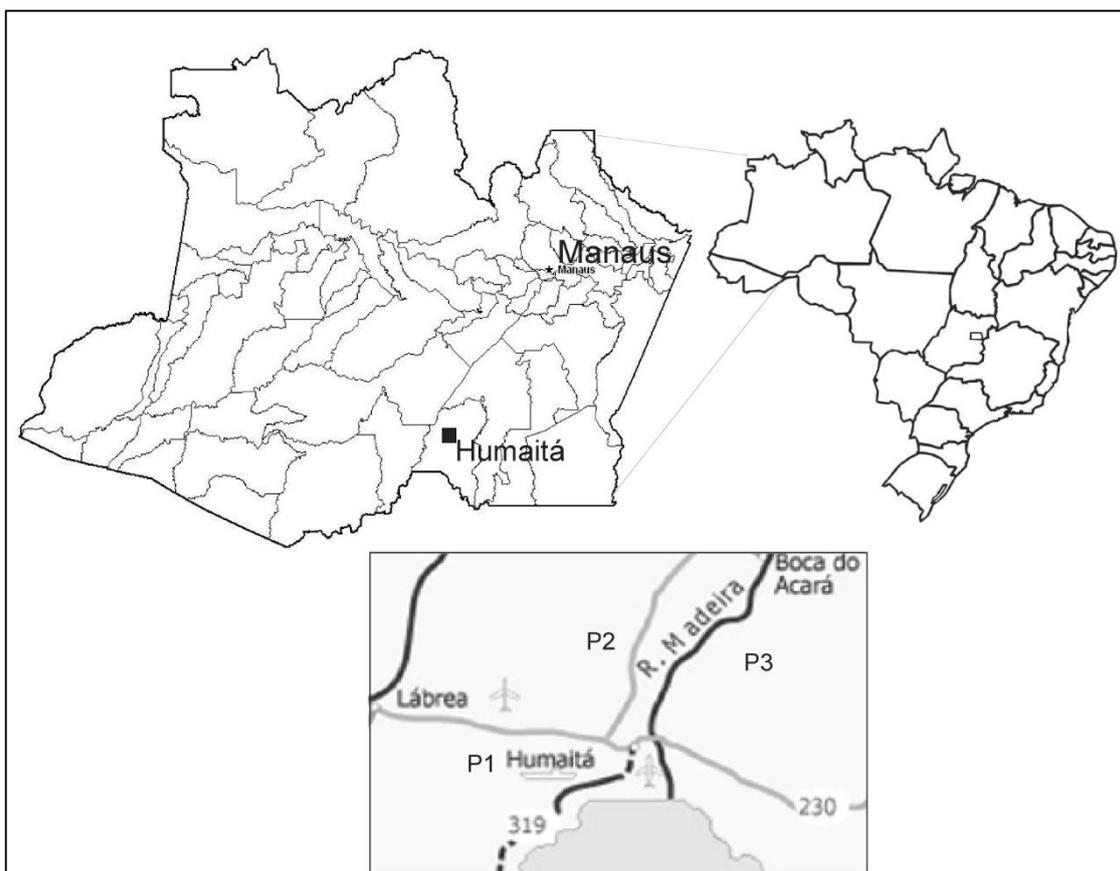


Figura 1. Mapa de localização da área estudada.

A vegetação natural da região consiste de Floresta Tropical subperenifólia aberta com palmeiras, Cerradão, Cerrado, Campo sujo e Campo (Braun e Ramos, 1959), em relevo suave ondulado a plano. O Perfil 1 encontra-se à 79 m ($07^{\circ}32'52''$ S, $63^{\circ}17'56''$ W), o Perfil 2 situa-se em altitude média de 58 m ($07^{\circ}30'21''$ S, $63^{\circ}04'55''$ W) e o Perfil 3 à 52 m ($07^{\circ}29'11''$ S, $62^{\circ}59'5''$ W). A descrição dos solos foi realizada de acordo com Santos et al. (2005) e a classificação taxonômica de acordo com os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013).

Na área de estudo, o Perfil 1 está localizado na Formação Içá, essa unidade litoestratigráfica de forma geral é composta de arenitos, e em menores proporções siltitos, argilitos com estratificação complexa cruzada e estratificação inclinada heterolítica e conglomerados de ambiente continental (Maia et al., 1977; Nogueira et al., 2013; Rossetti, 2014). Na área dos terraços holocênicos onde foram descritos os Perfis 2 e 3, a geologia abrange sedimentos inconsolidados constituídos de materiais de granulação fina e coloração branca com tonalidades avermelhadas e amareladas (Brasil, 1978).

O Perfil 1 está situado no terraço correspondente ao período final do Pleistoceno, enquanto os perfis Perfil 2 e Perfil 3 são solos desenvolvidos sobre os terraços holocênicos

em distintos períodos, cujo Perfil 3 refere-se ao de última deposição (CPRM, 2008). De acordo com Rossetti et al., (2014) que estudaram áreas abrangendo os perfis desse trabalho, o Perfil 1 está localizado nos terraços de 40.000 cal anos A.P., Perfil 2 em 25.000 cal anos A.P. e P3 12.000 cal anos A.P (Figura 2).

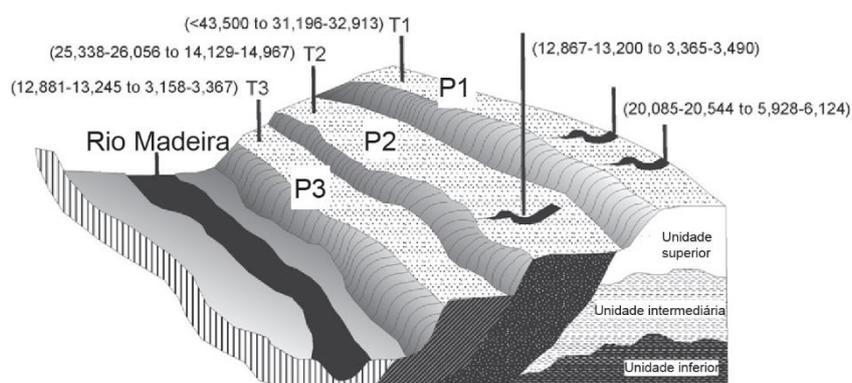


Figura 2. Representação dos locais de coleta de acordo com a evolução cronológica dos terraços fluviais (Figura adaptada de Rossetti et al., 2014).

O Perfil 1 está localizado em área de vegetação natural constituída de floresta tropical aberta parcialmente desmatada e sem uso do solo (Figura 3). O Perfil 2 ocorre em área preservada de Campo Cerrado, abrangendo a presença de gramíneas e árvores de porte baixo retorcidas, entretanto a ocorrência de incêndios é comum nos períodos secos. O Perfil 3 representa os terraços fluviais mais recentes do Médio Madeira, situa-se no domínio da Floresta Tropical aberta, no entanto o perfil foi descrito em área desmatada e sem uso atual do solo.



Figura 3. Paisagens das áreas de coleta dos solos: a) ambiente do Perfil 1; b) ambiente do Perfil 2; e c) ambiente do Perfil 3.

Após coleta de amostras dos horizontes, estas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas utilizando peneira de malha 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) para realização das análises laboratoriais. Adicionalmente foram coletadas amostras abaixo do horizonte C por meio de tradagem, sendo denominadas Tr nesse trabalho.

2.2 Análises Físicas

A análise textural foi realizada pelo método do hidrômetro utilizando o dispersante hidróxido de sódio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$), a densidade de partícula pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante, enquanto para a densidade do solo foi utilizado o método do anel volumétrico e para algumas amostras utilizou-se o método do torrão parafinado (Embrapa, 1997; Gee & Or, 2002; Almeida, 2008).

2.3 Análises Químicas

Seguindo a metodologia de Embrapa (1997, 2009) foi determinado na TFSA o pH em água e KCl 1 mol L^{-1} (proporção solo solução 1:2,5); cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , utilizando KCl 1 mol L^{-1} como extrator e determinação por espectroscopia de absorção atômica (EAA); $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ extraído com acetato de cálcio ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) a pH 7 e determinado por titulometria ($\text{NaOH } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$); carbono orgânico por via úmida utilizando o método de Walkley-Black; e K^{+} , Na^{+} , P disponível extraído com solução de Mehlich-3, determinado por fotometria de chama e fósforo por colorimetria.

O ferro extraído pela dissolução seletiva dos óxidos de ferro pedogênicos de alta e baixa cristalinidade e também das fases não-cristalinas da TFSA dos horizontes A, B diagnóstico e tradagem mais profunda foi realizada pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato (Mehra & Jackson, 1960; Holmgren, 1967) e oxalato ácido de amônio (pH 3) no escuro (McKeague & Day, 1966) e quantificação por AAS.

Para o cálculo de índices de intemperismo K_i e K_r foi realizada a digestão sulfúrica de amostras dos horizontes A e B diagnóstico de todos os perfis, utilizando H_2SO_4 na relação (relação 1:1 com H_2O destilada), determinando a sílica (SiO_2) por gravimetria, alumínio (Al_2O_3) por compleximetria e o Fe_2O_3 pela EAA (Embrapa, 1997).

2.4 Composição química total

A semiquantificação de elementos totais foi realizada por meio de espectrômetro de fluorescência de raios-X utilizando um equipamento modelo FRX Rigaku modelo RIX 3000, no Laboratório do Núcleo de Estudos em Granitos e Isótopos Estáveis (NEG-LABISE) da UFPE.

Foram utilizadas amostras de TFSA maceradas e secas à $110 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 6 horas e realizada a confecção de pastilhas fundidas, utilizando-se tetraborato de lítio como fundente. Para a determinação da perda ao fogo, amostras foram calcinadas em mufla a $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ por duas horas, com aumento gradativo de temperatura.

Para a análise semiquantitativa foi empregado o método matemático dos Parâmetros Fundamentais (PF) visando corrigir os efeitos de matriz, em substituição ao método da curva de calibração devido à ausência de padrões específicos para solos. Os elementos detectados e semiquantificados em forma de óxidos foram: Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, K₂O, TiO₂, MgO, Na₂O₃, P₂O₅, SO₃. Adicionalmente foi utilizada amostra de solo certificado (San Joaquim 2709A) objetivando identificar a margem de erro nas leituras das amostras.

Baseado nos valores foram calculados índices de intemperismo estabelecidos pelas relações entre elementos mais móveis (K e Al) e imóveis (titânio). Dentre os índices, foi empregado a função de transporte de massa em sistema aberto (Chadwick et al., 1990):

$$t_{j,w} = \left(\frac{C_{j,w} \cdot C_{i,p}}{C_{i,w} \cdot C_{j,p}} \right) - 1 \quad (1)$$

Em que t refere-se à função de transporte de massa em sistema aberto; c é a concentração do elemento do elemento imóvel (i) e do elemento móvel (j) no material de origem (p) e no horizonte analisado (w). Para esse trabalho, considerou-se como material de origem a camada mais profunda analisada e portanto de menor alteração. Também foram observadas as relações Si/Ti e Al/Ti para avaliar diferentes tendências em relação à equação citada acima.

Adicionalmente, foi empregado o índice químico de alteração (CIA) (Nesbitt & Young, 1982):

$$CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + K_2O + Na_2O)] \times 100 \quad (2)$$

Além disso foi utilizado o índice K_i determinado pela relação SiO₂/Al₂O₃.

2.5 Análises Mineralógicas

A difratometria de Raios-X foi realizada nas frações areia, silte e argila dos horizontes A, B diagnóstico e tradagem mais profunda. Foi utilizado um difratômetro Shimadzu 7000 operando com radiação Cu K α a 40 kV e 30 mA, com monocromador de grafite, com velocidade de 1° min 2 θ , registrando amplitude de 5 a 70° (2 θ) que variou de acordo com a fração analisada e o tratamento submetido.

Amostras de areia grossa e fina, silte e argila natural em pó desorientadas foram irradiadas. A argila natural foi submetida a pré-tratamentos para eliminação de matéria orgânica (peróxido de hidrogênio 15%), eliminação de carbonatos (acetato de sódio 1M, pH 5) e remoção de óxidos de ferro com o método ditionito-citrato-bicarbonato, visando a remoção desses agentes cimentantes e flocculantes que interferem na qualidade dos difratogramas gerados.

Parte dessas amostras foram saturadas com KCl 1 mol L⁻¹ e irradiadas a 25 °C, e após aquecidas por 3 horas em sucessivos tratamentos de 350 e 550 °C e irradiadas novamente.

Parte das amostras também foram irradiadas após saturação com MgCl_2 1 mol L^{-1} e após solvatação com glicerol. As identificações dos minerais a partir dos espaçamentos interplanares de acordo com os tratamentos empregados foi realizada de acordo com Jackson (1975); Brown & Brindley (1980); Moore & Reynolds Jr (1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atributos morfológicos, físicos e químicos

Os solos foram classificados como Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico (Perfil 1), sequência A-AB-BA-Bt-Bt_f-BC_f; Cambissolo Flúvico Alumínico típico (Perfil 2), Ap-BAc-Bi-BC-C_f1-C_f2; e Cambissolo Flúvico Alumínico típico (Perfil 3), Ap-AB-BA-Bi-BC-C (EMBRAPA, 2013) (Figura 4).

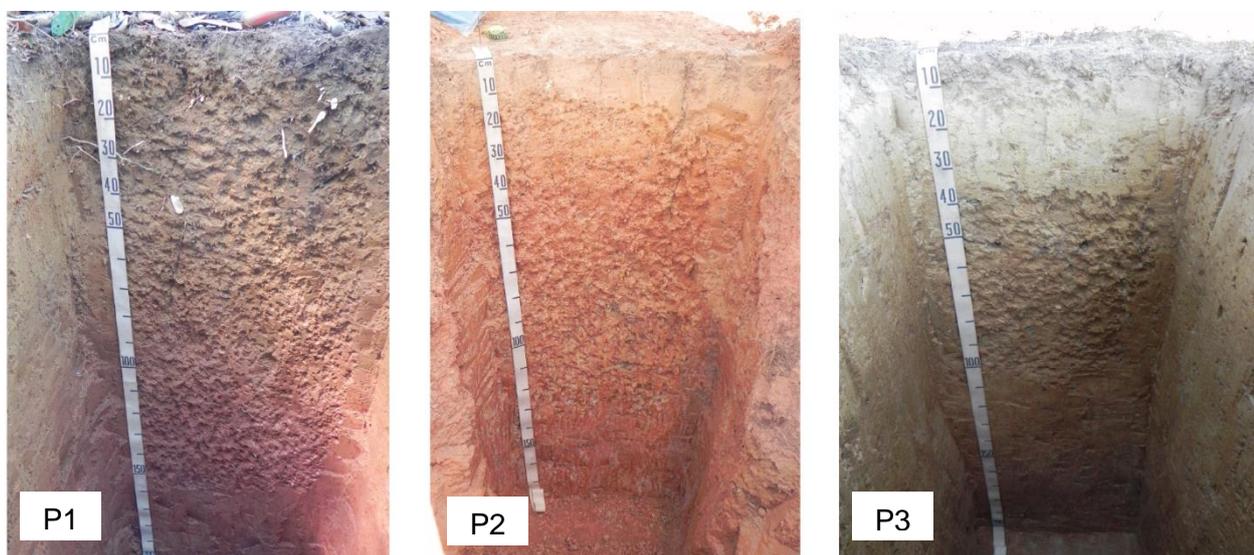


Figura 4. Perfis de solos estudados. P1: Argissolo Amarelo; P2: Cambissolo Flúvico e P3: Cambissolo Flúvico.

Em relação à morfologia (Figura 4), ocorreu predomínio de textura variando de argila a muito argilosa (Tabela 1) nos solos. Todos os perfis apresentam alto conteúdo de argila, com os valores mais baixos no horizonte A e tendência de acréscimo nos valores no horizonte B e posterior redução no horizonte C. A presença de cerosidade, observadas nos Perfis 1 e 2 (Tabela 1) são indícios da migração de argila nos perfis, além de que a alta pluviosidade na região reforça a ideia de que a argiluviação é um processo de formação atuante nesses solos.

Tabela 1. Caracterização morfológica dos perfis estudados nos terraços fluviais do Médio Rio Madeira

Hor.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	Estrutura	Cerosidade	Consistência (seco, úmido, molhado)	Transição
		Matriz	Mosqueado					
Perfil 01 – Argissolo Amarelo Aluminico plintossólico								
A	0-10	10YR 4/2	-	argilosa	mod. peq. a med.gran. bl. sub.	-	fri. plást. peg.	cl. e plan.
AB	10-30	10YR 5/6	-	argilosa	fr. peq. med. bl. sub.	-	fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BA	30-60	10YR 5/8	-	argilosa	mod. mpeq. a peq. bl. sub.	fra. pou. e com.	fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Bt	60-97	7,5YR 5/8	-	muito argilosa	mod. mpeq. a peq. bl. sub. ang.	fra. e ab.	fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Btf	97-180	2YR 5/8	2,5YR 3/6, po. peq. proem.	muito argilosa	mod. mpeq. a peq. bl. sub. ang.	mod. e ab.	fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BCf	180-200+	2YR 5/8	2,5YR 3/6 10YR 7/4, po. peq. proem.	argilosa	mod. mpeq. a peq. bl. ang.	-	fir. mplást. mpeg.	-
Perfil-02 Cambissolo Flúvico Aluminico típico								
Ap	0-13	7,5YR 4/4	-	média	mac. coe.	-	ext. dur. fir. mplást. mpeg.	cl. e ond.
BAC	13-30	5YR 5/8	2,5YR 4/4, po. peq. proe.	argilosa	mac. a fr. peq. a med. bl. sub.e ang.	-	mdur. fir. mplás. mpeg.	grad. e plan.
Bi	30-65	2,5YR 5/8	-	argilosa	mod. a fo. mt. peq. a peq. bl. sub e ang.	fra. e com.	mdur. fir. mplás. mpeg.	grad. e plan.
BC	65-93	2,5 YR 4/8	10YR 7/6, ab. peq. a med. proem.	argilosa	fr. a mod. peq. a med. bl. sub. e ang.	-	ext. dur. fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Cf1	93-140	2,5 YR 4/8	10YR 7/4, ab. peq. a med. proem.	argilosa	fr. peq. a med. bl. sub. e ang.	-	ext. dur. fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Cf2	140-180+	2,5 YR 4/8	10YR 7/3, ab. peq. a med. proem.	argilosa	fr. peq. a med. bl. sub. e ang.	-	ext. dur. fir. mplást. mpeg.	-
Perfil 03 – Cambissolo Flúvico Aluminico típico								
Ap	0-7	7,5YR 5/3	7,5YR 5/6, po. peq. dist.	média	mac. mod. coe. méd. bl. sub.	-	mdur. fir. plást. peg.	cl. e plan.
AB	7-25	7,5YR 5/3	7,5YR 5/6, ab. peq. dist.	média	mac. coe.	-	mdur. fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BA	25-50	10YR 5/4	7,5YR 4/6, ab. peq. dif.	argilosa	fr. peq. méd. bl. sub. ang.	-	ext. dur. fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Bi	50-90	10YR 5/6	-	argilosa	mod. mpeq. a méd. bl. ang.	-	mdur. fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BC	90-153	10YR 7/6	-	argilosa	mod. mpeq. a méd. bl. ang.	-	fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
C	153-200+	10YR 7/3	-	média	mac.	-	mfir. mplást. mpeg.	-

Po: pouco; peq: pequeno; med: médio; proem: proeminente; ab: abundante; dist: distinto; dif: difuso; com: comum fra: fraca; mod: moderada; méd; média; peq; pequena; mpeq: muito pequena; mod: moderada; gran: granular; bl sub: blocos subangulares; bl: blocos; mac: maciça; coe: coesa; extr dur: extremamente dura; mdur: muito dura; mfir: muito firme; fir: firme; fri: friável; mplást: muito plástica; plást: plástica; mpeg: muito pegajosa; peg: pegajosa; cl: clara; plan: plana; grad: gradual; ond: ondulada.

A respeito da estrutura do solo, observa-se que o Argissolo Amarelo (P1) apresenta predomínio de estrutura moderada muito pequena a pequena blocos subangulares ao longo do perfil, refletindo uma pedogênese atuante em todo o perfil (Tabela 1). Além disso, a Floresta Tropical que favorece aporte de matéria orgânica nesses solos contribui para a formação de estrutura granular observada no horizonte A desse solo.

No Cambissolo Flúvico (P2) observa-se a presença de horizonte superficial maciço coeso que persiste no horizonte BAc (Tabela 1), possivelmente influenciado pela vegetação natural de campos naturais que é acometido por incêndios anuais e pelas altas taxas pluviométricas. Todavia, no horizonte Bi ocorre estrutura moderada a forte blocos subangulares enquanto nos sobrejacentes predomina estrutura fraca.

No Cambissolo Flúvico (P3) também ocorre estrutura maciça nos horizontes superficiais, podendo estar relacionada as atividades antrópicas na área que alteraram a estrutura do solo (Tabela 1). Adicionalmente, a estrutura de grau fraco em BA está associada aos baixos valores de grau de flocculação, enquanto o grau moderado nos demais horizontes (Bt e BC) está associado aos maiores valores de grau de flocculação (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização física dos solos estudados nos terraços fluviais do Médio Rio Madeira

Horizonte	AT	AG	AF g kg ⁻¹	Argila	Silte	ADA	GF %	Ds g cm ⁻³	Dp	Relação Silte/Argila
Perfil 01- Argissolo Amarelo Alumínico plíntossólico										
A (0-10)	286	60	226	351	363	253	28	0,92	2,53	1,04
AB (10-30)	226	38	188	436	338	404	7	1,36	2,41	0,78
BA (30-60)	188	30	158	582	230	434	25	1,39	2,47	0,40
Bt (60-97)	149	24	126	627	224	204	68	1,40	2,80	0,36
Btf (97-180)	110	32	78	625	265	141	78	1,38	2,88	0,42
BCf (180-200)	114	37	77	577	309	137	76	1,44	2,82	0,54
Perfil-02 Cambisslo Flúvico Alumínico típico										
A (0-13)	318	35	283	323	359	206	36	1,37	2,58	1,11
BAc (13-30)	261	32	228	371	369	254	31	1,62	2,80	1,00
Bi (30-65)	264	29	235	420	315	254	39	1,59	2,78	0,75
BC (65-93)	354	38	316	417	228	186	55	1,51	2,69	0,55
Cf ₁ (93-140)	378	32	346	370	252	180	51	1,63	2,76	0,68
Cf ₂ (140-180)	256	23	233	417	327	106	75	1,68	2,88	0,78
Perfil 03 – Cambisslo Flúvico Alumínico típico										
Ap (0-7)	267	16	251	287	446	238	17	1,31	2,61	1,55
AB (7-25)	226	9	217	336	438	287	15	1,30	2,63	1,30
BA (25-50)	190	4	186	385	425	349	9	1,47	2,68	1,11
Bi (50-90)	102	3	99	576	322	150	74	1,47	2,78	0,56
BC (90-153)	222	6	215	382	396	151	61	1,50	2,56	1,04
C (153-200)	70	12	59	333	596	102	69	1,50	2,80	1,79

AT: areia total; AG: areia grossa; AF: areia fina; ADA: argila dispersa em água; GF: grau de flocculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula.

A consistência do Argissolo Amarelo é firme, plástica e pegajosa em A e predominantemente firme, muito plástica e muito pegajosa em todos os demais horizontes mais argilosos (Tabela 1). No Cambissolo Flúvico (P2) a consistência varia de muito dura a extremamente dura quando seco, e ao longo do perfil é firme, muito plástica e muito pegajosa. No Cambissolo Flúvico (P3) varia de muito a extremamente dura, é firme, de plástica a muito plástica, e predominantemente muito pegajosa ao longo do perfil.

O Argissolo Amarelo (P1) apresenta cores mais escuras e amareladas nos horizontes A, AB, BA, Bt1, com matiz 10YR a 7,5YR, e em Bt e BCf cores avermelhadas (5YR 5/8).

Este gradiente de coloração está relacionado aos maiores valores de matéria orgânica (Fanning & Fanning, 1989) que promove efeito anti-hematítico, pois a matéria orgânica complexa o ferro, diminuindo o produto de solubilidade, que é maior para a formação de hematita, favorecendo a formação de goethita nesses horizontes. Por outro lado, solos de superfície amarelada e subsuperfície avermelhada também podem ocorrer devido às mudanças climáticas que implicaram em alternâncias de períodos mais secos e mais úmidos durante um ciclo pedológico (Cornell & Schwertmann, 1996).

No Cambissolo Flúvico (P2) cores brunas ocorrem no horizonte A (7,5 YR 4/4 úmida), vermelho-amarelado em BAc (5YR 5/8) e vermelha (2,5YR 5/8 e 4/8) nos demais horizontes (Tabela 1). Este solo apresenta mosqueados amarelados em BAc e BC, e em Cf1 e Cf2 mosqueados de cor marrom pálido. O Cambissolo Flúvico (P3) apresenta cores bruno-amareladas (7,5YR 5/3 a 10YR 7/6), e no horizonte mais profundo cores mais acinzentadas, possivelmente devido à drenagem restrita, e os mosqueados também tendem a ser brunados, nesse perfil é evidenciada a mais alta influência do lençol freático pelas cores do perfil, além de estar situado nas posições mais baixas do relevo.

Notadamente a influência do lençol freático é muito expressiva nesses solos, especialmente nos Cambissolos Flúvicos (P2 e P3). No P2, a flutuação do lençol freático é suficiente para a formação de mosqueados mais expressivos e consequente formação de plintita nos horizontes mais profundos (Tabela 1), indicando maiores ciclos de umedecimento e secagem, enquanto no P3 a influencia do lençol freático tende a ser mais constante, não possibilitando a formação de expressivas partículas de plintita no perfil.

Valores de densidade do solo variaram de 0,92 a 1,68 gm cm⁻³ sendo os menores nos horizontes superficiais que apresentam maiores valores de matéria orgânica, que contribui para a redução da densidade do solo (Ferreira, 2010).

Os menores valores de grau de floculação nos horizontes subjacentes aos horizontes diagnósticos desses solos (Tabela 2) reflete a suscetibilidade aos processos de argiluviação (Nunes et al., 2001). Além disso, a restrição a drenagem associada a ciclos de

umedecimento e secagem favorecem o processo de plintização nesses solos, que ocorre principalmente em subsuperfície evidenciado pela presença de mosqueados (Tabela 1), também já observado por outros autores na região (Braun & Ramos, 1959; Campos et al., 2012).

A caracterização química mostra relativa uniformidade nos valores de cátions trocáveis básicos (Tabela 3), sendo que todos os perfis estudados apresentam baixos valores de soma de bases, são distróficos e alumínicos, apesar dos valores de alumínio trocável diminuírem em direção aos solos de sedimentos mais recentes.

Os maiores valores de alumínio trocável no P1 que aumentam em profundidade, provavelmente é proveniente do material de origem, entretanto os menores valores (4,53 a 4,64 $\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$) que predominam até 60 cm de profundidade parecem resultar do efeito complexante da matéria orgânica, visto que esta inibe a formação de hematita também nessa profundidade, constatada pelas cores observadas (Tabela 1) enquanto nos demais horizontes os valores de alumínio variam de 5,1 a 7,1 $\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$ (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização química de solos estudados nos terraços fluviais do Médio Rio Madeira

Horizonte	pH (água)	pH (KCl)	ΔpH	Al^{3+}	H+Al	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	SB	CTC	V	m	P	CO
cm	$\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$										%	mg kg^{-1}	g kg^{-1}		
Perfil 1 - Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico															
A (0-10)	4,21	3,81	-0,40	4,63	16,08	0,31	0,47	0,15	0,03	0,95	17,03	6	83	3,27	32,09
AB (10-30)	4,51	3,81	-0,70	4,53	9,17	0,20	0,29	0,04	0,01	0,54	9,71	5	89	ND	9,38
BA (30-60)	4,57	3,85	-0,72	4,64	8,28	0,19	0,08	0,14	0,02	0,44	8,72	5	91	ND	6,02
Bt (60-97)	4,82	3,88	-0,94	5,78	8,08	0,19	0,01	0,19	0,02	0,41	8,49	5	93	ND	4,13
Bt _f (97-180)	5,81	3,88	-1,93	7,10	9,80	0,19	0,01	0,05	0,01	0,26	10,06	2	96	ND	3,50
BC _f (180-200+)	5,10	3,82	-1,28	6,05	10,88	0,21	0,02	0,03	0,01	0,26	11,14	2	96	ND	1,12
Perfil 2 - Cambissolo Flúvico Alumínico típico															
A (0-13)	4,79	3,89	-0,90	2,83	6,92	0,20	0,04	0,06	0,02	0,32	7,24	5	90	ND	12,99
BAC (13-30)	4,84	3,97	-0,87	3,75	5,94	0,20	0,02	0,04	0,01	0,27	6,21	4	93	ND	4,72
Bi (30-65)	4,92	3,88	-1,04	4,23	7,61	0,22	0,02	0,02	ND	0,27	7,88	3	94	ND	2,19
BC (65-93)	4,87	3,85	-1,02	4,03	7,16	0,21	0,02	0,02	ND	0,26	7,41	3	94	ND	1,10
C _f (93-140)	4,96	3,85	-1,11	4,31	7,71	0,20	0,06	0,02	ND	0,28	8,00	4	94	ND	1,17
C _{f2} (140-180+)	4,93	3,76	-1,17	4,74	9,19	0,21	0,09	0,04	0,01	0,35	9,55	4	93	ND	1,21
Perfil 3 - Cambissolo Flúvico Alumínico típico															
Ap (0-7)	4,74	3,72	-1,02	0,77	8,08	0,50	0,14	0,15	0,03	0,82	8,90	9	48	2,75	11,55
AB (7-25)	4,71	3,72	-0,99	0,99	7,01	0,28	0,03	0,05	0,02	0,38	7,40	5	72	0,03	6,30
BA (25-50)	4,61	3,73	-0,88	1,15	7,78	0,21	0,02	0,04	0,01	0,27	8,05	3	81	ND	3,14
Bi (50-90)	4,79	3,75	-1,04	1,59	9,55	0,09	0,08	0,05	0,02	0,24	9,79	2	87	ND	2,10
BC (90-153)	5,22	3,87	-1,35	1,36	7,91	0,20	0,07	0,05	0,03	0,35	8,26	4	79	1,23	1,10
C (153-200+)	5,30	3,85	-1,45	1,72	8,25	0,14	0,06	0,05	0,01	0,26	8,51	3	87	0,95	0,82

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions a pH 7; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; CO: carbono orgânico; ND: abaixo do limite de detecção do aparelho.

Além disso, nesse perfil os maiores valores de Al, considerado um cátion flocculante associado aos mais elevados valores de argila podem influenciar no grau de estrutura moderado ao longo do Argissolo Amarelo (Tabela 1).

No P2 os menores valores de alumínio trocável em comparação ao P1 podem estar relacionados com a formação de VHE observada nesses solos, reduzindo a disponibilidade deste elemento no complexo de troca do solo.

Notadamente os elevados valores de alumínio observados nesses solos podem estar associados à presença de pirofilita, constatada em todos os solos estudados, e potencial fonte de liberação de alumínio nesse ambiente.

Os valores de soma de bases tendem a ser menores que $0,5 \text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$, com exceção para os valores superficiais que apresentam contribuição da matéria orgânica, especialmente no Perfil 1 (Tabela 3).

A baixa participação de bases no complexo de troca desses perfis parece estar relacionada a natureza dos sedimentos, pobres em minerais que disponibilizam esses elementos, e não em razão de processos de lixiviação, visto que a drenagem restrita impediria parcialmente esse processo (Brady & Weil, 2013). Guyot et al. (2007) observaram que os sedimentos do rio Madeira são constituídos principalmente de argilominerais secundários, mica e quartzo, confirmando a baixa disponibilidade de cátions básicos via sedimentos nesses solos.

Além disso, os valores negativos de delta pH (Tabela 2) refletem o potencial eletronegativo dos solos, enquanto em profundidade ocorre aumento dessa variável, indicando a preservação das cargas do solo em subsuperfície.

Os valores de índice Ki observados foram mais elevados no P1 e no P2 (Tabela 4). Oliveira (2009) ressalta que solos com valores de Ki entre 1 e 2 são essencialmente de argilas de baixa atividade coloidal, enquanto valores acima estão relacionados com argilominerais 2:1. Além disso, os valores de Ki mais elevados estão em consonância com o ΔpH negativo constatados nesses solos (Tabela 3).

As maiores relações Feo/Fed nos horizontes superficiais estão relacionados aos efeitos de redução da cristalinidade de óxidos pela matéria orgânica (Cornell & Schwertmann, 1996), enquanto as baixas relações observadas nos demais horizontes associam-se a substancial contribuição de óxidos de ferro pedogênicos de alta cristalinidade, que provavelmente são provenientes do material transportado, e não da sua formação *in situ*.

Tabela 4. Digestão sulfúrica e extração seletiva na fração terra fina seca ao ar dos solos estudados nos terraços fluviais do Médio Rio Madeira

Horizonte cm	Digestão Sulfúrica					(SiO ₂ / Al ₂ O ₃)	(SiO ₂ / R ₂ O ₃)	Fe ₂ O ₃ Oxalato	Fe ₂ O ₃ Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/F e ₂ O ₃ dit
	P ₂ O ₅	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr	g kg ⁻¹		
Perfil 01 - Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico										
A (0-10)	0,17	7,82	113	74	32	2,60	2,03	2,07	6,74	0,31
Btf (97-180)	0,06	12,00	214	158	57	2,30	1,87	0,57	34,07	0,02
Tr(230-250+)	-	-	-	-	-	-	-	0,46	34,44	0,01
Perfil 02 - Cambissolo Flúvico Alumínico típico										
A (0-13)	0,06	5,44	82	51	22	2,72	2,13	1,30	10,65	0,12
Bt (30-65)	0,12	5,84	135	97	47	2,37	1,81	1,06	20,84	0,05
Tr(180-210+)	-	-	-	-	-	-	-	1,52	24,84	0,06
Perfil 03 – Cambissolo Flúvico Alumínico típico										
Ap (0-7)	0,16	5,78	60	61	18	1,65	1,39	5,58	9,39	0,59
Bi (50-90)	0,19	8,37	162	143	44	1,93	1,61	1,47	37,61	0,04
Tr(220-250+)	-	-	-	-	-	-	-	0,95	38,26	0,02

Tr: corresponde a tradagem.

3.2 Composição química total e índices de intemperismo

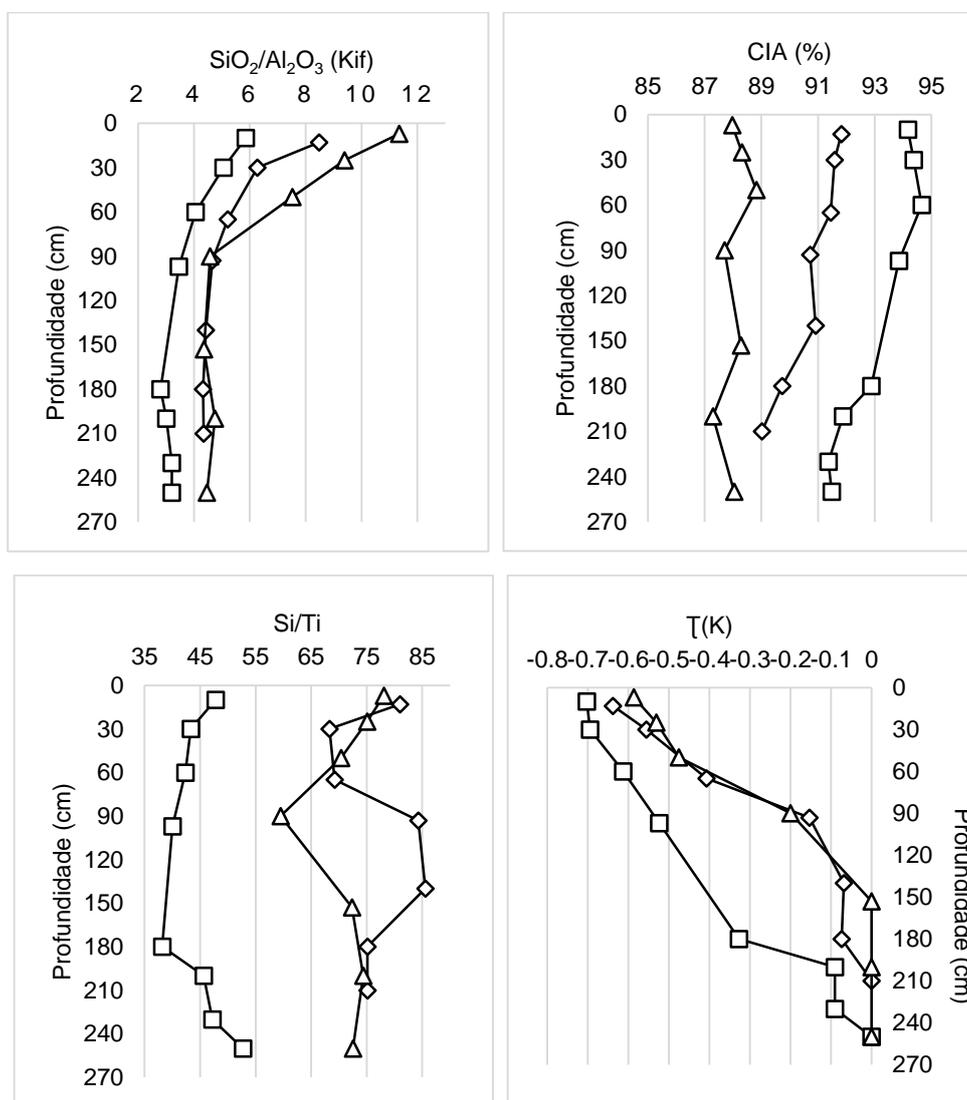
Na Tabela 5 são apresentados valores semiquantitativos da composição química dos solos estudados. Os dados indicaram depleção de elementos ao longo do perfil, bem como semelhança nos valores de TiO₂ entre horizontes, indicando composição semelhante.

Tabela 5. Valores semiquantitativos de óxidos determinados por FRX dos solos estudados

Horizonte cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	MgO	Na ₂ O %	P ₂ O ₅	SO ₃	PF	Total
Perfil 01 - Argissolo Amarelo Alumínico plintossólico											
A (0-10)	66,9	19,4	3,9	1,4	1,0	0,3	0,2	0,2	0,2	6,32	99,93
AB (10-30)	65,0	21,8	4,5	1,5	1,1	0,3	0,2	0,1	0,1	5,42	99,94
BA (30-60)	59,3	24,8	5,1	1,4	1,3	0,3	0,1	0,1	0,1	7,28	99,95
Bt (60-97)	56,0	27,5	6,3	1,4	1,6	0,3	0,2	0,1	0,1	6,34	99,99
Btf (97-180)	49,6	30,0	8,5	1,3	2,1	0,4	0,2	0,1	0,1	7,68	99,97
BCf (180-200+)	50,2	28,3	7,7	1,1	2,4	0,4	0,1	0,1	ND	9,45	99,97
Tr1 (200-230)	51,9	27,5	8,6	1,1	2,4	0,4	0,2	0,1	0,1	7,72	100,06
Tr2 (230-250)	52,7	27,9	8,8	1,0	2,4	0,5	0,2	0,1	ND	6,3	100,00
Perfil 02 - Cambissolo Flúvico Alumínico típico											
A (0-13)	72,9	14,6	2,4	0,9	1,1	0,3	0,2	0,1	0,1	7,31	99,95
BAC (13-30)	68,3	18,5	4,5	1,0	1,5	0,4	0,2	0,1	ND	5,41	100,01
Bi (30-65)	62,3	20,3	5,3	0,9	1,8	0,4	0,1	0,1	ND	8,72	100,03
BC (65-93)	59,0	21,5	5,7	0,7	2,0	0,5	0,2	0,1	ND	10,16	100,17
Cf ₁ (93-140)	59,9	23,0	5,9	0,7	2,2	0,5	0,1	0,1	ND	7,42	100,00
Cf ₂ (140-180+)	60,1	23,6	5,1	0,8	2,5	0,6	0,2	0,1	ND	7,14	100,05
Tr (180-210)	60,1	23,5	5,3	0,8	2,7	0,6	0,2	0,1	ND	6,58	99,99
Perfil 03 – Cambissolo Flúvico Alumínico típico											
Ap (0-7)	78,1	11,7	2,0	1,0	1,5	0,3	0,1	0,1	0,1	5,24	100,22
AB (7-25)	75,1	13,6	2,3	1,0	1,7	0,4	0,1	0,1	0,1	5,67	100,01
BA (25-50)	70,4	15,9	2,8	1,0	1,9	0,4	0,1	0,1	ND	7,14	99,94
Bi (50-90)	59,5	22,1	5,2	1,0	2,9	0,6	0,2	0,1	0,1	8,35	100,04
BC (90-153)	57,9	22,6	5,6	0,8	2,9	0,7	0,1	0,2	0,1	9,07	100,07
C (153-200+)	59,5	21,3	5,8	0,8	2,9	0,7	0,2	0,2	0,1	8,66	100,00
Tr (220-250)	58,0	22,1	5,8	0,8	2,9	0,7	0,1	0,2	0,1	9,42	100,20

Tr: corresponde a tradagem; PF: perda ao fogo; ND: não detectado.

A respeito do índice K_{if} (Figura 5) em todos os perfis os maiores valores ocorrem em superfície e decrescem em subsuperfície como também observado por Santos et al., (2010). Os maiores teores de sílica em superfície possivelmente estão relacionados à maior quantidade de areia nesses horizontes (Tabela 2), rica em quartzo, superestimando os valores (Tabela 5). Entretanto, especialmente em subsuperfície, observa-se que o P1 apresenta os menores valores enquanto no P2 e P3 os valores são semelhantes, mostrando que o grau de intemperismo não apresenta grande variação nesses dois perfis, possivelmente relacionada com a restrição a drenagem que preserva os argilominerais em ambos perfis.



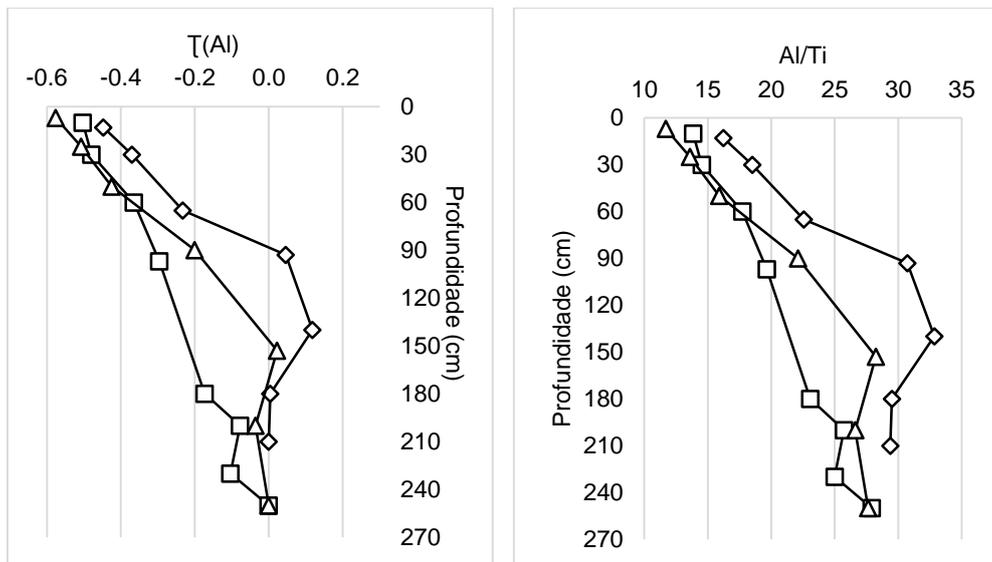


Figura 5. Índices de intemperismo e relações entre elementos móveis e imóveis dos solos estudados. (□P1 - Argissolo Amarelo;◇P2 -Cambissolo Flúvico;△P3 – Cambissolo Flúvico).

Por outro lado, o índice CIA indicou sequência de intemperismo seguindo a idade de deposição, e portanto em ordem de alteração decrescente Argissolo Amarelo (P1) > Cambissolo Flúvico (P2) > Cambissolo Flúvico (P3). Dessa forma, mesmo tendo sido desenvolvido para estudo de solos derivados de rochas ígneas, o CIA já foi utilizado na avaliação de solos derivados de rochas sedimentares (Messmer et al., 2014) e sobretudo nesse trabalho mostrou-se adequado para avaliação do grau de intemperismo.

Na função $T(k)$ os valores mais negativos estão relacionados às maiores perdas de potássio no perfil, assim é notório que há maior perda de potássio em superfície, possivelmente devido à intemperização de materiais micáceos, lixiviação e/ou absorção pelas plantas, enquanto em profundidade ocorre parcial preservação do elemento (Figura 4). Porém, os valores mais negativos observados no Argissolo Amarelo (P1), proveniente de sedimentos mais antigos correspondem ao maior grau de intemperismo ao qual o solo está sujeito. Para o alumínio, nessa função foram observados valores positivos em profundidade (Figura 4) no Cambissolo (P2), Jäger et al., (2015) atribuíram essa tendência à mobilização do elemento no solo.

Ainda sobre os maiores valores de silício observado nos horizontes superficiais, estes também podem estar relacionados com a frequente presença de sílica amorfa e fitólitos nos sedimentos derivados dos Andes, como também observado nesse trabalho (Figura 6).

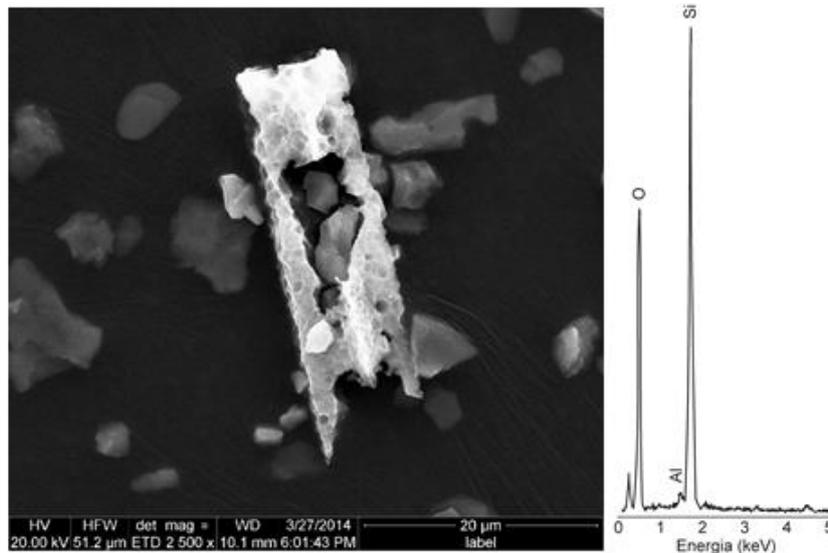


Figura 6. Fotomicrografia de MEV de sílica amorfa e respectivo EDS, observado na fração silte do horizonte B do Cambissolo Flúvico (P3).

3.3 Atributos mineralógicos

Na fração argila (natural) os principais minerais constatados foram mica, caulinita, quartzo, goethita e hematita em todos os perfis (Figura 7).

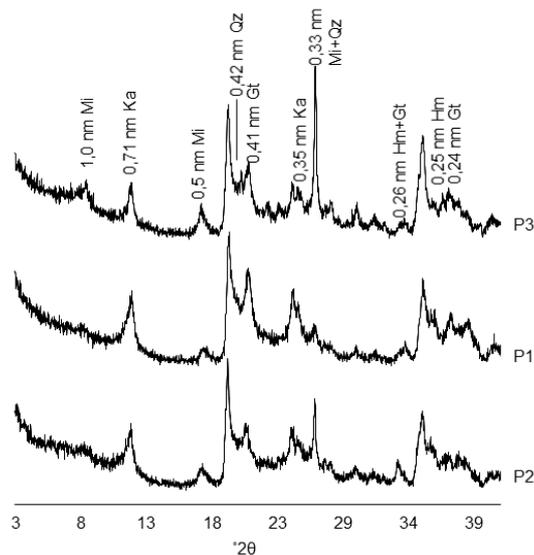


Figura 7. Difratoograma da fração argila (natural) dos horizontes B diagnóstico dos perfis estudados. Mi: mica; Ka: caulinita; Qz: quartzo; Gt: goethita; Hm: hematita.

A análise mineralógica da fração silte também mostra composição muito similar entre os perfis, ocorrendo mica, caulinita, quartzo, goethita, anatásio e rutilo em todas os horizontes (Figura 7). No entanto a intensidade das reflexões das micas tendem a ser maiores nas camadas mais profundas analisadas (Tr), possivelmente devido à intemperização desses filossilicatos estar mais avançada nos horizontes superficiais.

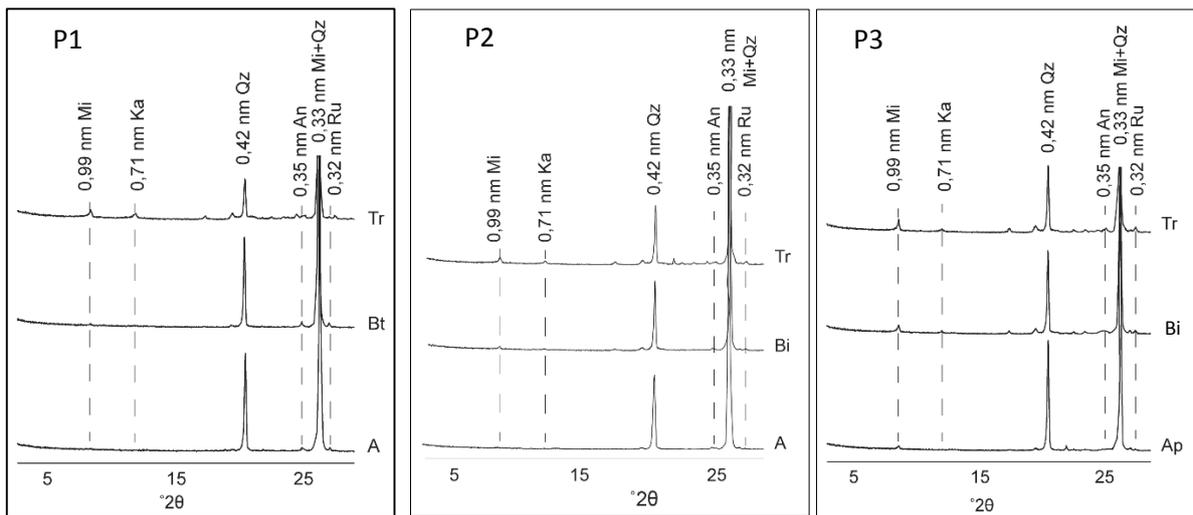


Figura 7. Difratoformas da fração argila de amostras não orientadas da litossequência do Médio Madeira. Mi: mica; Ka: caulinita; Qz: quartzo; An: anatásio; P1: Argissolo Amarelo; P2 e P3: Cambissolo Flúvico. Tr: corresponde a tradagem.

A presença de rutilo e anatásio na fração silte deve-se principalmente à resistência ao intemperismo desses minerais, que permanecem nessa fração.

De uma forma geral, a assembleia mineralógica da fração argila dos horizontes A, B diagnóstico e da tradagem da camada mais profunda (Tr) dos perfis estudados é composta de vermiculita, vermiculita com hidróxi-Al (VHE), ilita, caulinita, pirofilita e quartzo (Figura 8, 9 e 10).

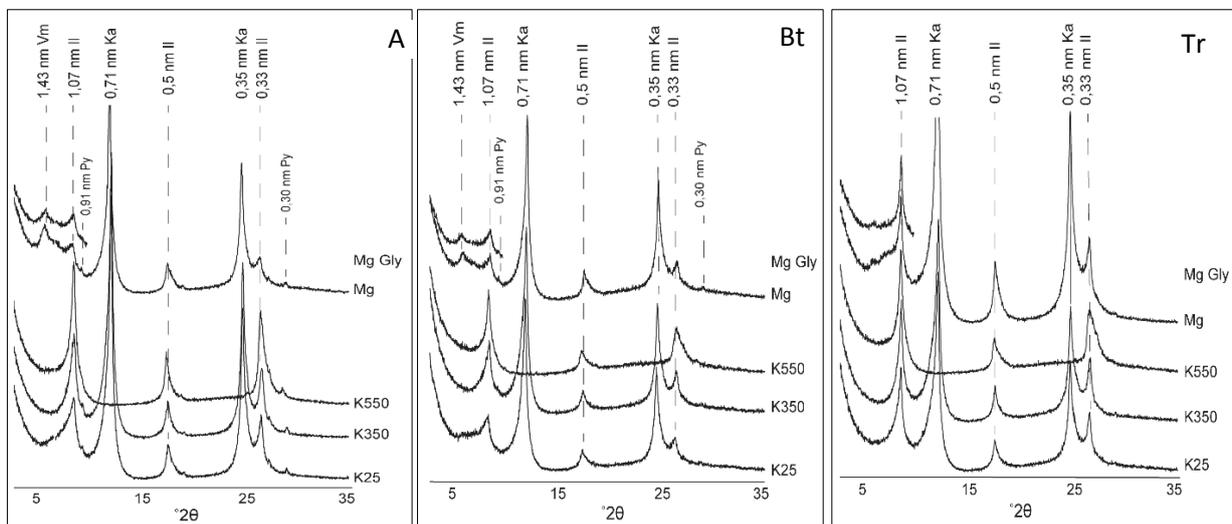


Figura 8. Difratoformas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do P1 (Argissolo Amarelo). Vm: vermiculita; Py: pirofilita; Il: ilita; Ka: caulinita; Qz: quartzo. Tr: corresponde a tradagem.

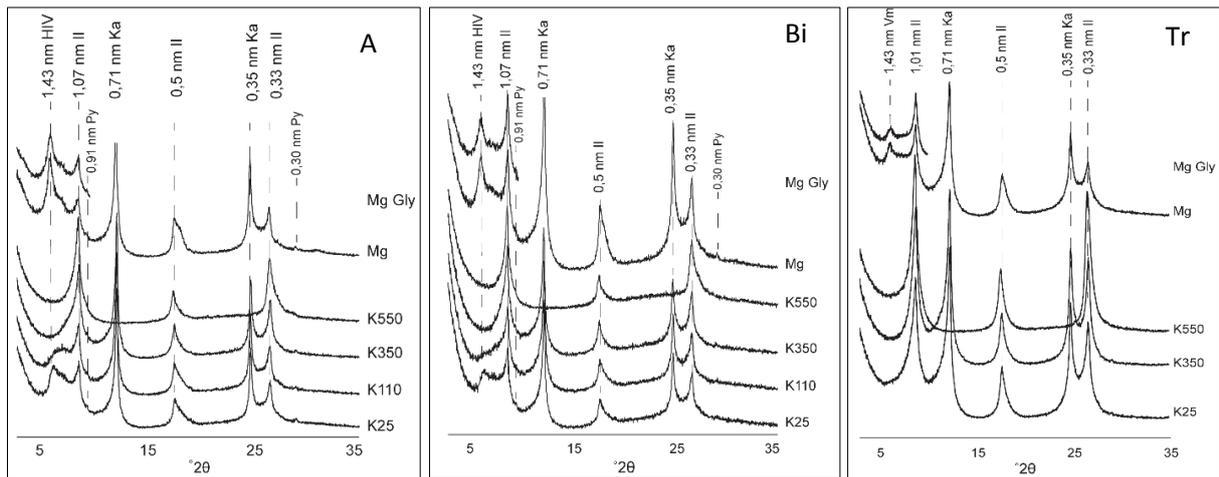


Figura 9. Difratomogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do P2 (Cambissolo Flúvico). HIV: vermiculita com hidróxi-entrecamadas; Vm: vermiculita; Py: pirofilita; II:ilita; Ka: caulinita; Qz: quartzo. Tr: corresponde a tradagem.

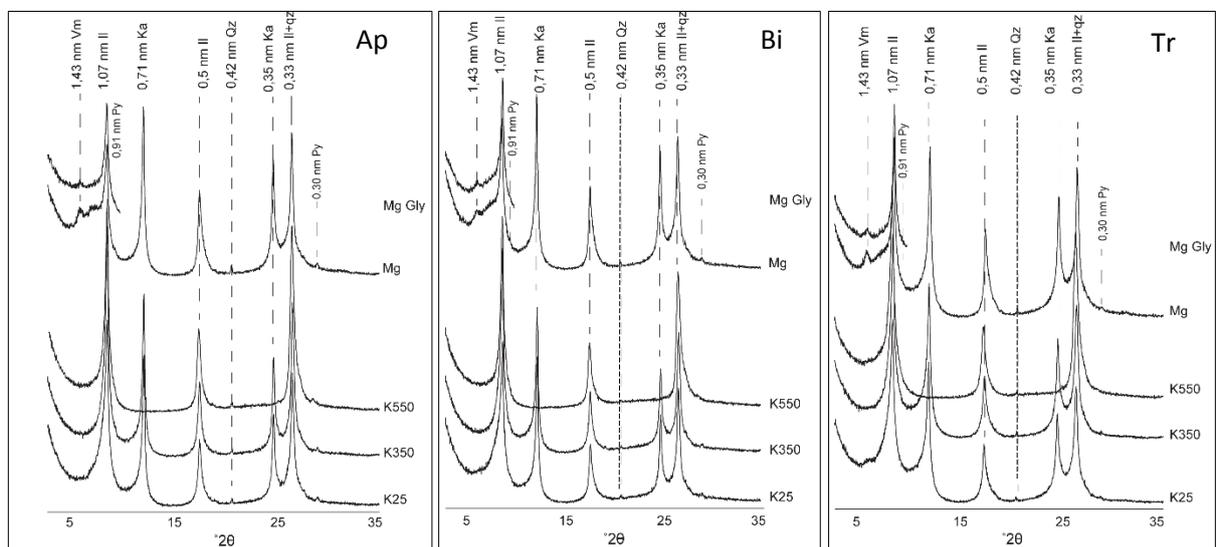


Figura 10. Difratomogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do P3 (Cambissolo Flúvico). Vm: vermiculita; Py: pirofilita; II:ilita; Ka: caulinita; Qz: quartzo. Tr: corresponde a tradagem.

A caulinita ocorre em espaçamentos de 0,71 e 0,35 nm nas respectivas reflexões 001 e 002, e ausência dos picos quando submetido ao tratamento térmico de 550 °C. Os picos de 0,42 e 0,33 nm são característicos do quartzo na reflexão 001, enquanto os picos de 1,01 e 0,5 nm persistentes em todos os tratamentos são característicos da ilita. Além disso, observa-se a presença de traços de pirofilita em todos os perfis, representado pelos picos de 0,91 e 0,30 nm nas reflexões 001 e 002 respectivamente (Figuras 8, 9 e 10).

A presença de pirofilita já foi observada em outros solos da Amazônia provenientes de sedimentos aluviais dos Andes, apesar da sua baixa estabilidade nos solos, sua presença em ambiente tropical é atribuída ao revestimento de óxidos de ferro (Marques et al., 2002; Sanchez-Camazano et al., 1988; Zelazny et al., 2002; Zelazny & White, 1989).

No Cambissolo Flúvico (P2), a presença de vermiculita é confirmada pela ausência de deslocamento do pico 1,43 nm em amostras solvatadas com glicerol, no entanto no horizonte A e Bi este argilomineral consiste de VHE, em decorrência do ausente colapso dos picos na reflexão 001 característicos de vermiculita (1,43 nm) em amostras de argila saturadas com potássio a 25 °C, e completo colapso apenas à 550 °C.

A formação de VHE em solos ocorre a partir da intemperização da mica, e portanto, representado pela sequência mica – vermiculita – VHE, a partir da difusão de monômeros $[Al(OH)_2(H_2O)_4]$ livres da solução para as entrecamadas das micas, devido ao intemperismo de borda e substituição dos átomos de potássio pelos monômeros, assim o ambiente de intenso intemperismo e frequentes ciclos de umedecimento e secagem são os mais propícios (Malla, 2002; Yin et al., 2012), possivelmente a ausência de VHE nas camadas mais profundas desse solo (Figura 9) é resultante da maior influência do lençol freático nessa zona.

Ainda, Yin et al., (2012) atribuíram a presença de VHE a um clima com frequentes ciclos úmidos e secos. No ambiente estudado, o contato campo cerrado/floresta resultante da alternância de períodos secos e úmidos (Rossetti et al., 2014), também sugere um ambiente propício para a formação de VHE.

No Argissolo Amarelo (P1), perfil situado na Formação Içá de origem Pleistocênica, observa-se em maior profundidade (Tr), principalmente a ocorrência de mica e caulinita, com um pequeno pico referente à vermiculita (1,43 nm) (Figura 8). Já no horizonte A e Bt ocorre maior intensidade nos picos das vermiculitas em detrimento aos das micas, o que pode sugerir na evolução mineralógica desse solo a neoformação da vermiculita a partir da mica nesses horizontes, pois esse apresenta boa drenagem, principalmente nos horizontes superficiais, e não há indícios de intensa influência do lençol freático ao longo do perfil.

A assembleia mineralógica do Cambissolo Flúvico (P3) é composta por ilita, caulinita, vermiculita, pirofillita e quartzo (Figura 9). Este solo é o que apresenta maior homogeneidade da mineralogia ao longo do perfil, possivelmente devido às más condições de drenagem que restringem os processos de perda de sílica do sistema. Todavia, Fritsch et al. (2007) afirmam que mesmo nesses ambientes ocorre o intemperismo da muscovita, levando a depleção de cátions alcalinos e alcalinos terrosos, além de uma lenta e contínua liberação de silício e redistribuição de alumínio em várias fases minerais e orgânicas. Esses mesmos autores constataram nos solos derivados da Formação Içá micas com déficit de K_2O e atribuíram à neoformação de caulinita *in situ*.

Nesse sentido, na Figura 11A, observa-se partículas de arranjo cristalino em formato hexagonal (2) de ilita, mostrando a difração eletrônica de área selecionada do domínio monocristalino, e a sobreposição de duas partículas (1).

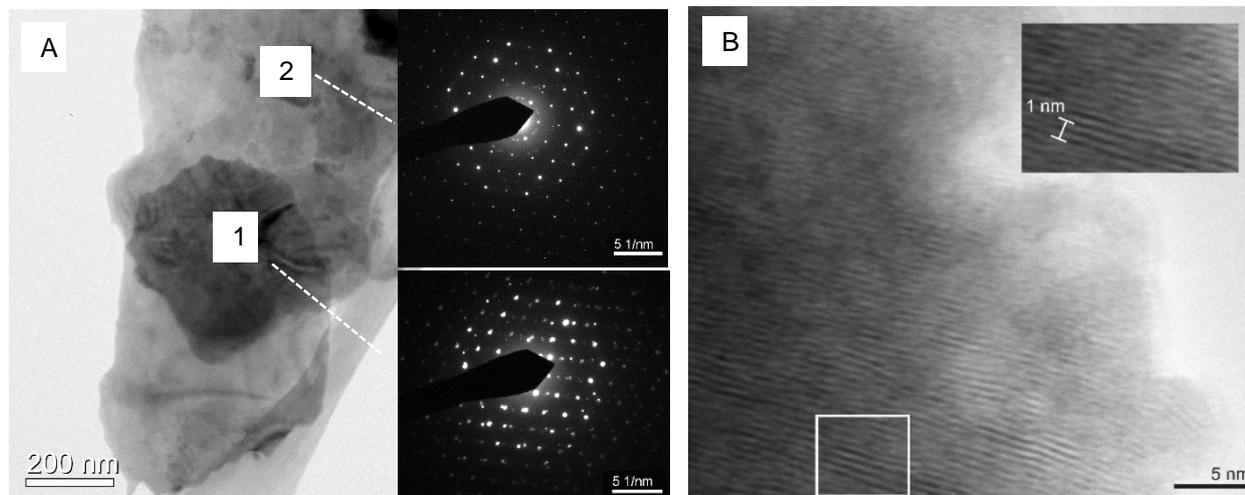


Figura 11. Fotomicrografias de partículas de mica em MET de alta resolução com difração eletrônica de campo selecionado, mostrando a partículas em formato hexagonal (A) e em B franjas de rede apresentando irregularidades, e em destaque espaçamento d aproximadamente 1 nm (A).

Na Figura 11B, observa-se a ocorrência das franjas de rede com espaçamentos de 1 nm. Elssas (2006) cita que essas espessuras estão associadas aos argilominerais 2:1 não expansíveis, e retratado comumente como ilita (Calero et al., 2013). As irregularidades observadas nas franjas possivelmente referem-se à intemperização desse argilomineral com neoformação de outros filossilicatos, sugerindo que nesse ambiente a ilita está em processo de intemperização. Como observado nos difratogramas (Figura 9), a neoformação de vermiculita e VHE seriam as principais rotas de transformação (Douglas, 1989).

CONCLUSÕES

A drenagem restrita e a flutuação do lençol freático são fatores que restringem processos de remoção de sílica do sistema, enquanto a má drenagem favorece a plintização no P2 e P3;

Os índices de intemperismo possibilitaram identificar no P1 evolução pedogenética mais acentuada, relacionadas principalmente a melhor drenagem no perfil, bem como do maior tempo de exposição dos sedimentos;

Os baixos valores de saturação de bases observados em todos os perfis estão associados a predominância de minerais que não disponibilizam esses cátions, como ilita, vermiculita, caulinita e quartzo que predominam na composição dos sedimentos;

A presença de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas é um indício da alternância de ciclos de umedecimento e secagem mais atuante nos horizontes A e Bi do P2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, B.G. de. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Tese de doutorado). Piracicaba, São Paulo. 103p. 2008.

BARON, J.C.Le; GRAB, S.W.; KUMAN, K. Surface texture analysis of southern Tuli Basin sediments: Implications for Limpopo Valley geoarchaeological contexts. *Journal of African Earth Sciences*, v.59, 2011, p.384–394. Doi: doi:10.1016/j.jafrearsci.2011.01.006

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. Elementos da Natureza e Propriedade dos Solos, 3ed. Porto Alegre: Bookman - Freitas Bastos, 2013. 685p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM BRASIL: Folha SC. 20 Purus. Rio de Janeiro: DNPM. 1978. 566p.

BRAUN, E.H.G.; RAMOS, J.R. de A. Estudo agrogeológico dos Campus Puciari-Humaitá – Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia. *Revista Brasileira de Geografia*, v.21, n.4, 1959.

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.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S. de; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. da C. de; Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na região de Humaitá (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.325-336, 2012.

CHADWICK, O.A., BRIMHALL, G.H., HENDRICKS, D.M. From a black to a grey box - a mass balance interpretation of pedogenesis. *Geomorphology*, v.3, 1990, p.369-390.

COHEN, M.C.L.; ROSSETTI, D.F.; PESSEDA, L.C.R.; FRIAES, Y.S.; OLIVEIRA, P.E. Late Pleistocene glacial forest of Humaitá-Western Amazonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.415, 2014, p.37-47. Doi:10.1016/j.palaeo.2013.12.025.

CORNELL, R.M.; SCHWERTMANN, U. Soils. In: ____ The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrence and uses. VCH, Germany, 1996, cap. 16, p.395-427.

CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa geológico do estado de Manaus. Manaus: CPRM, 2008.

DOSSETTO, A.; BOURDON, B.; GAILLARDET, J.; ALLEGRE, C.J.; FILIZOLA, N. Time scale and conditions of weathering under tropical climate: Study of the Amazon basin with U-series. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.70, 2006, p.71–89. Doi:10.1016/j.gca.2005.06.033.

DOUGLAS, L.A. Vermiculites. In _____. DIXON, J.B.; WEED, S.B. Minerals in soil environments, p.635-674. SSSA, Madison, 1989.

ELSSAS, F. Transmission electron microscopy. In ____: BERGAYA, F.; THENG, B.K.G.; LAGALY, G. (Eds). Handbook of clay science: developments in clay science v.1, cap.12.8, p.939-963. Elsevier, 2006, 1197p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997, 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2013, 353p.
- FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: Física do solo (cap.I). Lier, Q.de J. SBCS, 2010. 298p.
- FRITSCH, E.; HERBILLON, A.J.; NASCIMENTO, N.R. do; GRIMALDI, M.; MELFI, A.J. From Plinthic Acrisols to Plinthosols and Gleysols: iron and groundwater dynamics in the tertiary sediments of the upper Amazon basin. *European Journal of Soil Science*, v.58, 2007, p.989–1006. Doi: 10.1111/j.1365-2389.2006.00877.x
- FRITSCH, E; BALAN, E.; NASCIMENTO, N.R. do; ALLARD, T.; BARDY, M.; BUENO, G.; DERENNE, S.; MELFI, A.J.; CALAS, G. Deciphering the weathering processes using environmental mineralogy and geochemistry: Towards an integrated model of laterite and podzol genesis in the Upper Amazon Basin. *C.R. Geoscience*, v.343, 2011, p.188-198. Doi:10.1016/j.crte.2010.11.002.
- GAO, Y.; WANG, C.; LIU, Z.; ZHAO, B.; ZHANG, X. Clay mineralogy of the middle Mingshui Formation (upper Campanian to lower Maastrichtian) from the SKIn borehole in the Songliao Basin, NE China: Implications for palaeoclimate and provenance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.385, 2012, p.162-170. Doi: 10.1016/j.palaeo.2012.10.038
- GEE, G.W.; OR, D. Particle size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, C.T. *Methods of soil analysis: physical methods*. Cap II, p.255-289, SSSA, Madison, 2002. 866p.
- GUYOT, J.L.; JOUANNEAU, J.M.; SOARES, L.; BOAVENTURA, G.R.; MAILLET, N.; LAGANE, C. Clay mineral composition of river sediments in the Amazon Basin. *Catena*, v.71, 2007, p.340–356. Doi: 10.1016/j.catena.2007.02.002.
- HIRSCH, F.; SCHNEIDER, A.; NICOLAY, A.; BŁASZKIEWICZ, M.; KORDOWSKI, J.; NORYSKIEWICZ, A.M.; TYSZKOWSKI, S.; RAAB, A.; RAAB, T. Late Quaternary landscape development at the margin of the Pomeranian phase (MIS 2) near Lake Wygonin (Northern Poland). *Catena*, v.124, 2015, p.28–44. Doi: 10.1016/j.catena.2014.08.018
- HOLMGREN, G.G.S. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.31, 1967, p.210-211.
- HORBE, A.M.C.; HORBE, M.A.; SUGUIO, K. Tropical Spodosols in northeastern Amazonas State, Brazil. *Geoderma* v.119, 2004.
- HUANG, C.; ZHAO, W.; LIU, F.; TAN, W.; KOOPAL, L.K. Environmental significance of mineral weathering and pedogenesis of loess on the southernmost Loess Plateau, China. *Geoderma*, v.163, p.219–226, 2011.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>> Acesso em: 19 de novembro de 2014.

- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis: advanced course. 29ed. Madison, University of Wisconsin, 1975. 895p.
- JÄGER, H.; MATTHIAS, A.; WAROSZEWSKI, J.; KABAŁA, C.; MALKIEWICZ, M.; GÄRTNER, H.; DAHMS, D.; KREBS, R.; EGLI, M. Pre-alpine mire sediments as a mirror of erosion, soil formation and landscape evolution during the last 45 ka. *Catena*, v.128, 2015, p.63–79. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.01.018>.
- LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V. de; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, M.N. Mineralogia e química de três solos de uma toposeqüência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, 2006, p.59-68.
- MAIA, R.G.N.; GODOY, H.K.; YAMAGUTI, H.S.; MOURA, P.A. de; COSTA, F.S.F. da; HOLANDA, M.A. de; COSTA, J. de A. Projeto carvão no alto Solimões, relatório final. CPRM, 141p, 1977.
- MAHANEY, W.C.; HAMILTON, T.S.; BARENDREGT, R.W.; HANCOCK, R.G.V.; COSTA, P. Mineralogy and chemistry of Late Pliocene–Early Pleistocene paleosols on Mount Kenya: Weathering indices of relative age and paleoenvironmental reconstruction. *Geomorphology*, v.204, 2014, p.217–228.
- MALLA, P.B.; Vermiculites. In:___DIXON, J.B.; SCHULZE, D.G. Soil mineralogy with environmental applications, cap 16, p.501-526. SSSA, Madison, 2002, 866p.
- MARQUES, J.J.; TEIXEIRA, W.G.; SCHULZE, D.G.; CURI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. *Clay Minerals*, v.37, 2002.
- McKEAGUE, J.A., DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Canadian Journal Science*, v.46, 1966.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clay and clay minerals*, v.7, 1960.
- MESSMER, T.; ELSENBEER, H.; WILCKE, W. High exchangeable calcium concentrations in soils on Barro Colorado Island, Panama. *Geoderma*, v.217, 2014, p.212–224. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.10.021>.
- MOORE, D.M.; REYNOLDS Jr, R.C. Identification of mixed-layered clay minerals. In:_____. X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Ed.2. New York: Oxford University Press, 378p.1997.
- NESBITT, H., YOUNG, G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature* v.299, 1982, p.715–717.
- NOGUEIRA, A.C.R.; SILVEIRA, R.; GUIMARÃES, J.T.F. Neogene e Quaternary sedimentary and paleovegetation history of the eastern Solimões Basin, central Amazon region. *Journal of South American Earth Sciences*, v.46, 2013, p.89-99. Doi: [10.1016/j.jsames.2013.05.004](http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2013.05.004).
- NUNES, W.A.G.A.; KER, J.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; GOMES, F.H. Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do “Mar de Morros”, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, 2001, p.341-354.
- OLIVEIRA, J.B. de. *Pedologia Aplicada*. 3ed, FEALQ, Piracicaba, 2008. 529p.

- ROSSETTI, D.F. The role of tectonics in the late Quaternary evolution of Brazil's Amazonian landscape. *Earth-Science Reviews*, v.139, 2014, p.362–389. Doi: 10.1016/j.earscirev.2014.08.009.
- ROSSETTI, D.F.; COHEN, M.C.L.; BERTANI, T.C.; HAYAKAWA, E.H.; PAZ, J.D.S.; CASTRO, D.F.; FRIAES, Y. Late Quaternary fluvial terrace evolution in the main southern Amazonian tributary. *Catena*, v.116, 2014, p.19–37. Doi: 10.1016/j.catena.2013.11.021.
- SANCHEZ-CAMAZANO, M.; FORTEZA, J.; LORENZO, L.F. Occurrence of pyrophyllite in soils from Sierra de San Pedro (Caceres, Spain). *Clay Minerals*, v.23, 1988, p.339-345.
- SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. dos. *Manual de descrição e coleta de solos no campo*. 5. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2005. 92p.
- SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. *Soils: genesis and geomorphology*. Cambridge, Cambridge University Press, 2005. 791p.
- TATYANCHENKO, T.V.; ALEKSEEVA, T.V.; KALININ, P.I. Mineralogical and chemical compositions of the paleosols of different ages buried under Kurgans in the Southern Ergeni Region and their paleoclimatic interpretation. *Eurasian Soil Science*, v.46, 2013, p.341–354.
- YIN, K. HONG, H.; CHURCHMAN, G.J.; LI, R.; LI, Z. WANG, C.; HAN, W. Hydroxy-interlayered vermiculite genesis in Jiujiang late-Pleistocene red earth sediments and significance to climate. *Applied Clay Science*, v.74, 2012, 20-27p.
- ZELAZNY, L.W.; THOMAS, P.J.; LAWRENCE, C.L. Phyrophyllite-Talc minerals. In:___DIXON, J.B.; SCHULZE, D.G. *Soil mineralogy with environmental applications*, cap 13, p.415-428. SSSA, Madison, 2002, 866p.
- ZELAZNY, L.W.; WHITE, G.N. The phyrophyllite-talc group. In:___ In:___DIXON, J.B.; WEED, S.B. *Minerals in soil environments*, 2ed, cap 11, p.527-547. SSSA, Madison, 1989, 1244p.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO E MINERALOGIA EM UMA LITOSSEQUÊNCIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

RESUMO

A evolução geológica influenciada pela orogenia Andina foi o principal fator que atuou no desenvolvimento da Formação Solimões no Terciário na Amazônia Sul-Occidental. Esses sedimentos apresentam em sua constituição argilominerais 2:1 que ainda hoje estão preservados nos solos da região. Este trabalho objetivou estudar uma litossequência de solos, constituída por três perfis de solos da Formação Solimões Inferior (FSI) e Formação Solimões Superior (FSS) na Amazônia Sul-Occidental. Foi realizada a caracterização morfológica, caracterização química, sendo determinado soma de bases, acidez trocável e potencial, fósforo disponível e carbono orgânico; granulometria, densidade do solo e de partículas; extração seletiva de ferro por ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato de amônio; extração sulfúrica para determinação de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO ; e fluorescência de raios-x na semiquantificação da composição química total. O estudo da assembleia mineralógica do solo abrangeu a difração de raios-x para caracterização da fração silte em pó não orientado, fração argila em pó não orientado e lâminas orientadas e submetidas a tratamentos de saturação com cátions e térmicos, além do teste de Greene-Kelly quando necessário. Associado a isso foi realizada análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da fração silte e microscopia eletrônica de transmissão (MET) na fração argila, em ambos os casos utilizando espectroscopia de energia dispersiva acoplada. Também foi realizada modelagem de difratogramas da fração argila no intuito de observar possíveis fases de interestratificados nas amostras, bem como sua semiquantificação. Na FSI foi constatado um Cambissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico, na FSS um Nitossolo Háptico Alítico típico e um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico proveniente de cobertura Detrito-Laterítica. Esses solos apresentam propriedades muito distintas, tendo destaque para os elevados valores de Ca, Mg e Al observado no Cambissolo, enquanto o Nitossolo apresenta elevados valores de Al, e no Latossolo ocorrem baixos valores de Al e moderada reserva de Ca. Na mineralogia destaca-se a presença expressiva de esmectitas no Cambissolo, com presença de carga tetraedral e em menor grau no Argissolo, ocorrendo gibbsita apenas no Latossolo. Na fração silte dos perfis ocorre predomínio de quartzo, rutilo e anatásio, e traços de mica em todos os perfis. A partir do MEV foi observado partículas de micas em estágio de intemperização, e com a modelagem e MET foi possível observar

a presença de interestratificados, como esmectita-micas nos solos da Formação Solimões. De uma forma geral observa-se que os sedimentos da FSI e FSS apresentam características muito distintas, o Cambissolo apresenta processo incipiente de formação devido à expressiva restrição à drenagem, enquanto no Argissolo os processos podem estar mais avançados devido a melhor drenagem. Apesar do Latossolo ser de origem mais recente, o processo de evolução nesse solo é mais avançado em virtude da composição mineralógica de fácil alteração associado a boa drenagem.

Palavras-chave: esmectitas, interestratificados, gibbsita, MET, MEV, FRX.

ABSTRACT

The geological evolution influenced by the Andes orogeny was the main factor in the development of Solimões Formation in the Tertiary. These sediments are rich in clay minerals 2: 1 which are still preserved in the soils of Southwestern Amazon. This work aimed to study a litosequence consisting of three soil profiles in the Lower and Upper Solimões Formation (LSF) and (USF) in Southwestern Amazon. It was performed the morphological analysis, chemical analysis being determined sum of bases, exchangeable acidity and potential, available phosphorus and organic carbon; particle size, bulk and particle density; selective extraction of iron by dithionite-citrate-bicarbonate and ammonium oxalate; sulfuric acid extraction for determination of SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ and TiO; and fluorescence x-rays semiquantification to total chemical composition. The study of mineral soil assembly included the x-ray diffraction to characterize the silt in non-oriented powder, clay powder in oriented and non-oriented plates and subjected to saturation and thermal treatments cations, and the Greene- Kelly test when necessary. Associated with this was carried out analysis of scanning electron microscopy (SEM) in the silt fraction and transmission electron microscopy (TEM) in clay fraction, in both cases using coupled energy dispersive spectroscopy. It was also held XRD patterns of modeling clay in order to observe possible stages of interstratified in the samples, as well as its semiquantification. In the LSF was found a Cambissolo HáplicoTa Eutrófico vertissólico, and a Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico that is however derived from Debris-Lateritic sediments, and in the USF an Nitossolo Háplico Alítico típico. These soils have many different properties, with emphasis on high Ca, Mg and Al values observed in the Cambissolo, while the Nitossolo has high Al values, while in the Latossolo Al values is lower. In mineralogy posting the significant presence of smectite in Cambissolo with the presence of tetraedal load and to a lesser extent in Argissolo, occurring gibbsite only in the Latossolo. In the silt fraction of the profiles there is a predominance of quartz, rutile and anatase, and traces of mica in all profiles. From the SEM was observed mica particles in weathering stage, and the modeling and MET was possible to observe the presence of interstratified, as smectite-mica in the Solimões Formation soils. In general, it is noted that the LSF and the USF sediments have very different characteristics, Cambissolo has an incipient formation process due to substantial restriction to the draining, while at Argissolo processes can be further enhanced due to better drainage. Despite the Oxisol being from more recent sediments, the process of evolution in this soil is more advanced because of the mineralogical composition of easy alteration associated with good drainage.

Keywords: smectites, mixed-layered, gibbsite, TEM, MEV, XRF.

1. INTRODUÇÃO

As paisagens da Amazônia são mundialmente reconhecidas pela alta biodiversidade, principalmente no que se refere à Floresta Tropical (Garda et al., 2010; Leite & Rogers, 2013) e a homogeneidade em relação aos fatores abióticos, notadamente dos solos, frequentemente ácidos com baixos teores de soma de bases. No entanto, na Amazônia Sul-Occidental ocorre grande variabilidade no que tange aos fatores abióticos. Nesse aspecto, o solo como fator abiótico constitui importante fonte da estratigrafia desse ambiente, devido sua variabilidade na paisagem, que por sua vez também define as distinções no relevo e na vegetação.

Dessa forma, considerando os fatores de formação do solo, o material de origem de natureza sedimentar, condições que desfavorecem a boa drenagem (Lima et al., 2006) e paleoclimas (Schaefer, 2013) são os mais relevantes na formação e variabilidade desses solos, muitas vezes negligenciando as elevadas temperaturas e os altos índices pluviométricos atuais.

O extremo oeste da Amazônia Sul-Occidental é abrangido pela Bacia Sedimentar Cenozóica do Acre. Esta bacia é delimitada a leste pelo arco de Iquitos e se estende a oeste para regiões vizinhas, tendo um processo de formação distinto das demais bacias sedimentares da Amazônia, sendo denominada bacia de antepaís retroarco, consistindo de feições formadas ao longo de flancos orogenéticos andinos de margem continental sob forte influência de atividades sísmicas (Cunha, 2007; Cavalcante, 2006; Maia, 1977; Milani et al., 2007).

A Formação Solimões é uma das principais unidades geológicas aflorantes na bacia do Acre, sendo subdivida em duas épocas distintas de deposição de sedimentos. A Formação Solimões Inferior de origem lacustre, que caracteriza momentos de orogenia, e a Formação Solimões Superior de ambiente fluvial meandrante (Acre, 2006; Mota, 2008; Latrubesse et al., 2010).

Por outro lado, é observado um outro contraste de solos, em áreas ainda mapeadas como Formação Solimões inferior, mas provavelmente referente a coberturas detrito-lateríticas do quaternário recobrando áreas do extremo leste do estado, com predomínio de Latossolos e Argissolos (Amaral, 2003)

No ambiente de evolução da paisagem da Amazônia, também foram constatados períodos de aridez durante o Pleistoceno e Holoceno, sendo a frequente presença de veios de gipsita na Formação Solimões um indício desse ambiente paleoclimático (Latrubesse et al., 2010; Mayle & Power, 2010; Rossetti et al., 2014).

A pedogênese dos solos originados da Formação Solimões tem estreita relação com o material de origem, principalmente devido ao baixo grau de evolução pedogenética ainda observados nesses solos, evidenciado pela composição mineralógica, que preserva elevados teores de sílica no sistema, além dos elevados teores de cátions básicos no complexo de troca, e também dos indícios da recente desestabilização dos argilominerais nesses solos (Amaral et al., 2013; Lima et al., 2006; Marques et al., 2002).

Este trabalho objetivou estudar uma litossequência de solos, constituída por três perfis de solos da Formação Solimões Inferior (FSI) e Formação Solimões Superior (FSS) na Amazônia Sul-Occidental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área estudada e coleta de solos

Foram descritos e coletados três perfis de solos em áreas de vegetação natural em um transsecto que abrange diferentes coberturas sedimentares da Formação Solimões. Dessa forma, o transsecto abrange o extremo oeste de Rondônia, no distrito de Nova Califórnia do município de Porto Velho, ao estado do Acre, nos municípios de Sena Madureira e Tarauacá (Figura 1). A descrição dos solos foi realizada de acordo com Santos et al. (2005), a determinação de cor pela Munsell Color Chart, e classificação pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

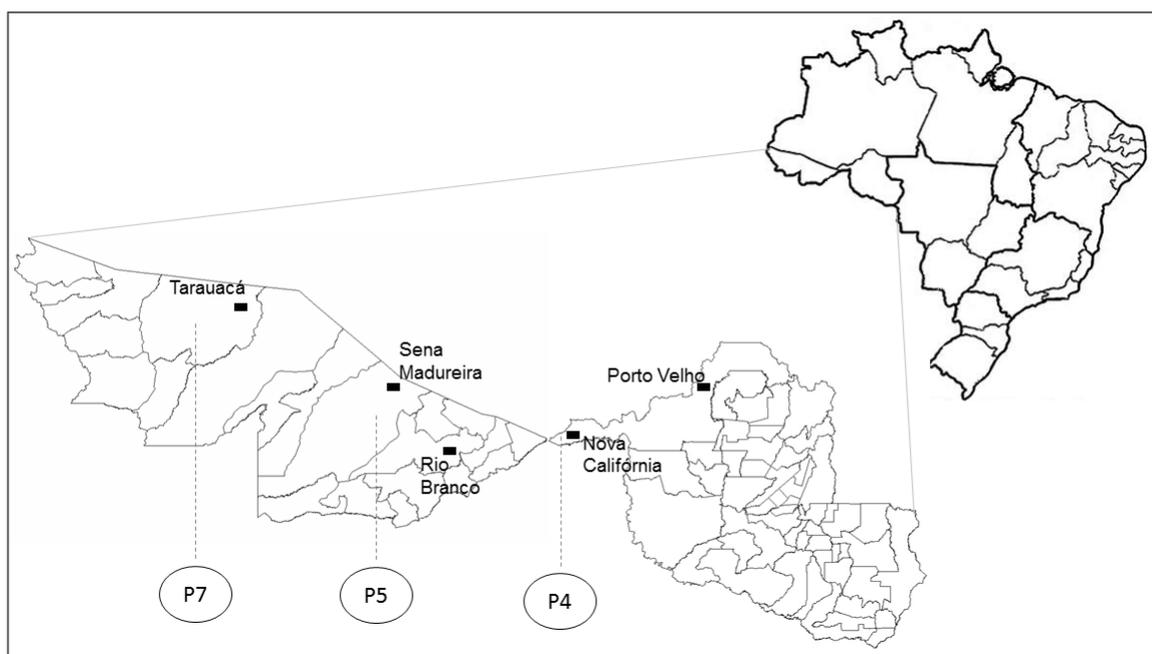


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Na região de Nova Califórnia a vegetação natural predominante é a floresta aberta com palmeiras, enquanto no estado do Acre ocorre floresta tropical aberta com bambu ou palmeiras. O clima na região varia de tipo Aw a Am com precipitação média 2500 mm, temperatura variando de 24 a 32 °C e umidade relativa do ar de 80-90% (BRASIL, 1976, 1978).

Para esse estudo foi considerado uma litossequência composta por três perfis (P4, P5 e P7), que considera as variações dos solos originados de diferentes coberturas da Formação Solimões, denominadas Inferior e Superior.

No ambiente geológico da Formação Solimões Inferior, do Mioceno, ocorre material de origem marinha e fluvial em um ambiente lacustre, de pouca profundidade e provavelmente pantanoso, formando siltitos, argilitos, arenitos de granulometria média e fina e linhitos, materiais carbonáticos, fossilíferos em menor intercalação, raramente com manchas de óxidos de ferro. Notadamente esses materiais de origem apresentam ocasionalmente colorações esverdeadas e claras devido ao ambiente estagnado de sedimentação (Latrubesse et al., 2010). A Formação Solimões superior representa o topo dessa unidade geológica, é formada por arenitos intercalados com camadas de argila branco-avermelhada de ambiente fluvial meandrante (Mota, 2008).

O Perfil 4 foi coletado em área de topo plano no distrito de Nova Califórnia. Está localizado à 189 metros de altitude (09°46'59,1"S e 66°37'14,8"W). No município de Sena Madureira, estado do Acre, em área abrangendo a Formação Solimões Inferior, sob coordenadas 09°00'11,4"S, 68°56'53,4"W, foi coletado em terço superior de elevação à 191 m o Perfil 5. Abrangendo a geologia da Formação Solimões Superior, no município de Tarauacá, sob coordenadas 07°54'31"S e 71°35'30,6"W, foi coletado o Perfil 7 em posição de topo plano de elevação em altitude de 247 m.

Para alguns perfis foram coletadas amostras de camadas mais profundas utilizando trado, sendo essas determinadas nesse trabalho como Tr.

Após coleta de amostras dos horizontes, estas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas utilizando peneira de malha 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) para realização das análises laboratoriais.

2.2 Análises Físicas

A análise textural foi realizada pelo método do hidrômetro utilizando hidróxido de sódio (0,1 mol L⁻¹) e Calgon (mistura hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio), a densidade

de partícula pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante; enquanto para a densidade do solo foi utilizado o método do anel volumétrico e para algumas amostras o torrão parafinado (Embrapa, 1997; Gee & Or, 2002; Almeida, 2008; Viana et al., 2010).

2.3 Análises Químicas

Seguindo a metodologia de Embrapa (1997, 2009) foi determinado na TFSA o pH em água e KCl 1 mol L⁻¹ (proporção solo solução 1:2,5), cátions trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, utilizando KCl 1 mol L⁻¹ como extrator e determinação por espectroscopia de absorção atômica (EAA); H⁺+Al³⁺ extraído com acetato de cálcio a pH 7 (0,5 M) e determinado por titulometria (NaOH 0,025 mol L⁻¹); carbono orgânico pelo método de Walkley-Black; e K⁺, Na⁺, P disponível extraído com solução de Mehlich-3, determinado por fotometria de chama e fósforo por colorimetria.

O ferro extraído pela dissolução seletiva dos óxidos de ferro pedogênicos de alta e baixa cristalinidade e também das fases não-cristalinas da TFSA dos horizontes A, B diagnóstico e tradagem mais profunda (Tr) foi realizada pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato (Mehra & Jackson, 1960; Holgrem, 1967) e oxalato ácido de amônio (pH 3) no escuro (McKeague & Day, 1966) e quantificação por AAS.

Para o cálculo de índices de intemperismo Ki e Kr foi realizada a digestão sulfúrica de amostras dos horizontes A e B diagnóstico de todos os perfis, utilizando H₂SO₄ na relação (relação 1:1 com H₂O destilada), determinando a sílica (SO₂) por gravimetria, alumínio (Al₂O₃) por compleximetria e o Fe₂O₃ pela EAA (Embrapa, 1997).

2.4 Análise da composição química total

A semiquantificação de elementos totais foi realizada por meio de espectrômetro de fluorescência de raios-X utilizando um equipamento modelo FRX Rigaku modelo RIX 3000, no Laboratório do Núcleo de Estudos em Granitos e Isótopos Estáveis (NEG-LABISE) da UFPE.

Foram utilizadas amostras de TFSA maceradas e secas à 110 °C durante 6 horas e realizada a confecção de pastilhas fundidas, utilizando-se tetraborato de lítio como fundente. Para a determinação da perda ao fogo, amostras foram calcinadas em mufla a 1000 °C por duas horas em aquecimento progressivo.

Para a análise semiquantitativa foi empregado o método matemático dos Parâmetros Fundamentais (PF) visando corrigir os efeitos de matriz, em substituição ao método da

curva de calibração devido à ausência de padrões específicos para solos. Os elementos detectados e semiquantificados em forma de óxidos foram: Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O_3 , P_2O_5 , SO_3 , NiO . Adicionalmente foi utilizada amostra de solo certificado (San Joaquim 2709A) objetivando identificar a margem de erro nas leituras das amostras.

Para esse trabalho, foram observadas as relações K/Ti, Si/Ti e Al/Ti para avaliar diferentes tendências em relação à equação citada acima.

Adicionalmente, foi empregado o índice químico de alteração (CIA) (Nesbitt & Young, 1982):

$$\text{CIA} = [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})] \times 100 \quad (2)$$

Além disso foi utilizado o índice K_i determinado pela relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.

2.5 Análises Mineralógicas

A difratometria de Raios-X foi realizada nas frações areia, silte e argila dos horizontes A, B diagnóstico e tradagem mais profunda (Tr). Foi utilizado um difratômetro Shimadzu 7000 operando com radiação Cu $K\alpha$ a 40 kV e 30 mA, com monocromador de grafite, com velocidade de $1^\circ \text{ min } 2\theta$, registrando amplitude de 5 a $70^\circ (2\theta)$ que variou de acordo com a fração analisada e o tratamento submetido.

Amostras de areia grossa e fina, silte e argila natural em pó desorientadas foram irradiadas. A argila natural foi submetida a pré-tratamentos para eliminação de matéria orgânica (peróxido de hidrogênio 15%), eliminação de carbonatos (acetato de sódio 1M, pH 5) e remoção de óxidos de ferro com o método ditionito-citrato-bicarbonato, visando a remoção desses agentes cimentantes e flocculantes que interferem na qualidade dos difratogramas gerados.

Parte dessas amostras foram saturadas com KCl 1 mol L^{-1} e irradiadas a 25°C , e após aquecimento por 3 horas em tratamentos de 350 e 550°C e irradiadas novamente. Parte das amostras também foram irradiadas após saturação com MgCl_2 1 mol L^{-1} e após solvatação com glicerol. As identificações dos minerais a partir dos espaçamentos interplanares de acordo com os tratamentos empregados foi realizada de acordo com Jackson (1975); Brown & Brindley (1980); Moore & Reynolds Jr (1997).

Para análises de microscopia eletrônica de varredura foram utilizadas amostras da fração silte do horizonte B dispersas em água e dispostas em porta amostras de carbono e revestidas com uma fina camada ($50\text{-}150 \text{ \AA}$) de ouro, visando evitar o acúmulo de cargas e calor devido ao feixe de elétrons que atingem a amostra, mantendo-as estáveis.

A análise foi realizada no Microscopy and Image Center, Texas A&M University utilizando um microscópio eletrônico de varredura FEI QUANTA 600F operando em voltagem de 20 kV acoplado a espectroscopia de raios-X por energia dispersiva (EDS).

A microscopia eletrônica de transmissão foi realizada em amostras de argila do horizonte B dispersas em água e dispostas em porta amostras de cobre revestido com uma película de carbono em um microscópio JOEL JEM-2010 operando a uma voltagem de 200kV e alta resolução de imagem de 0,23 nm.

Para semiquantificação de argilominerais e simulação de interestratificação foi utilizado o software Newmod® versão 2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização morfológica, química e física

Os perfis foram classificados como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico (A-BA-Bw₁-Bw₂-Bw₃-Bw₄) e um Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico com sequências A-Biv-BC-C₁-C₂ (P5), ambos na Formação Solimões Inferior, enquanto na Formação Solimões Superior ocorreu Nitossolo Háplico alítico típico com sequência A-BA-Bt₁-Bt₂-BC (P7) (Figura 2).



Figura 2. Visão geral dos perfis da litosequência, desenvolvidos de rochas sedimentares da Amazônia Sul-Occidental. 1: Latossolo Vermelho Amarelo, 2: Cambissolo Háplico e 3: Nitossolo Háplico.

A classe dos Latossolos (Figura 2) compreende os solos constituídos por material mineral com horizonte B latossólico (horizonte mineral subsuperficial em avançado estágio de intemperização, com predomínio de argilominerais 1:1 e sesquióxidos resistentes ao intemperismo, e quase ausência de minerais facilmente alteráveis) imediatamente abaixo

de qualquer dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico (EMBRAPA, 2013).

Os Cambissolos (Figura 2) compreendem solos constituídos de material mineral com B incipiente (horizonte subsuperficial que sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou unidades estruturais) subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, não satisfazendo requisitos para serem enquadrados nas classes Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos e Organossolos (EMBRAPA, 2013).

Os Nitossolos (Figura 2) são definidos como solos constituídos por material mineral com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa desde a superfície do solo, estrutura em blocos subangulares ou angulares ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva e/ou superfícies de compressão nas faces dos agregados e/ou caráter retrátil (EMBRAPA, 2013).

A classe textural dos solos variou de argilosa a muito argilosa, devido à natureza pelítica do material de origem dos solos (Tabela 1), conforme confirmado por meio das análises granulométricas (Tabela 2).

Tabela 1. Caracterização morfológica de solos estudados em uma litossequência na Amazônia Sul Ocidental

Hor.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	Estrutura	Cerosidade	Consistência (seco, úmido, molhado)	Transição
		Matriz	Mosqueado					
Perfil 04 - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico								
A	0-15	7,5YR 4/4	-	muito argilosa	mod. mpeq. a peq. bl. sub.	-	mdur. fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BA	15-40	5YR 4/6	-	muito argilosa	mod. mpeq. a méd. bl. sub. ang.	fraca e pouca	mdur. fir. mplást. mpeg.	dif. e plan.
Bw ₁	40-75	5YR 5/8	-	muito argilosa	mod. mpeq. a peq. bl. sub. fr. a mod.	fraca e pouca	fir. plást. peg.	
Bw ₂	75-118	5YR 5/8	-	muito argilosa	mpeq. a peq. bl. sub.	fraca e pouca	fr. plást. peg.	dif. e plan.
Bw ₃	118-177	5YR 5/8	-	muito argilosa	fr. mpeq. a peq. bl. sub.	-	fir. lplást. lpeg.	dif. e plan.
Bw ₄	177-200+	5YR 5/8	-	muito argilosa	fr. mpeq. a peq. bl. sub.	-	fir. lplást. lpeg.	-
Perfil 05 - Cambissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico								
A	0-15	10YR 4/2	-	argilosa	mod. méd. a gran. bl. sub.	-	ext. dur. mfir. mplást. mpeg.	cl. e plan.
Biv	15-42	7,5YR 5/4	-	muito argilosa	fr. gran. prism. (bl)	fra. e com. e sup. de compressão	ext. dur. mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BC	42-62	10YR 6/4	5YR 4/6 co. peq. dis.	muito argilosa	fr. peq. a méd. bl. ang.	-	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
C ₁	62-110	10YR 7/4	2,5YR 4/6 ab. peq. proem.	muito argilosa	mac. fr. méd. bl. ang.	-	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.

Hor.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	Estrutura	Cerosidade	Consistência (seco, úmido, molhado)	Transição
		Matriz	Mosqueado					
C ₂	110-135+	10YR 7/3	5YR 5/6 com. peq. dis.	argilosa	mac. fr. méd. bl. ang.	-	mfir. mplást. mpeg.	-
Perfil 07- Nitossolo Háptico Alítico típico								
A	0-18	7,5YR 4/4	-	argilosa	mod. peq. méd. gran. bl. sub.	-	mdur. fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BA	18-40	5YR 4/4	-	argilosa	fr. méd. prism.	fraca e comum	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Bt ₁	40-72	2,5YR 4/6	-	muito argilosa	mod. mpeq. a méd. bl. sub. ang.	moderada e abundante	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Bt ₂	72-115	5YR 4/6	-	argilosa	mod. mpeq. a peq. bl. sub. ang.	fraca e comum	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BC	115-150+	5YR 4/6	7,5YR 6/4, pou. com. Peq. dist.	argilosa	maciça	-	fir. plást. peg.	-

Peq: pequeno; ab: abundante; co: comum; dis: distinto; proem: proeminente; pou: pouco; fra: fraca; mod: moderada; méd: média; gran: grande; mgran: muito grande; peq; pequena; mpeq: muito pequena; mod: moderada; bl sub: blocos subangulares; bl: blocos; prism: prismática; mac: maciça; coe: coesa; extr dur: extremamente dura; mdur: muito dura; mfir: muito firme; fir: firme; fri: friável; mplást: muito plástica; lplást: ligeiramente plástica; plást: plástica; mpeg: muito pegajosa; lpeg: ligeiramente pegajosa; peg: pegajosa; cl: clara; plan: plana; grad: gradual; abr: abrupta; dif: difusa.

Tabela 2. Caracterização física de solos estudados em uma litosequência na Amazônia Sul Ocidental

Horiz. cm	AT	AG	AF	Argila	Silte	ADA	GF %	Ds g cm ⁻³	Dp	Silte/Argila	P %
Profile 04 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico											
A (0-15)	175	19	155	713	112	470	34	1,10	2,65	0,40	58
BA (15-40)	127	9	118	810	63	543	33	1,19	2,68	0,27	56
Bw ₁ (40-75)	121	9	111	850	29	105	88	1,07	2,74	0,21	61
Bw ₂ (75-118)	115	10	105	855	30	105	88	1,00	2,76	0,21	64
Bw ₃ (118-177)	115	17	98	855	30	105	88	1,02	2,76	0,21	63
Bw ₄ (177-200*)	105	13	92	908	0	106	88	0,96	2,82	0,14	66
Profile 05 - Cambissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico											
A (0-15)	75	8	67	537	388	194	64	1,59	2,55	0,72	38
B _{iv} (15-42)	30	2	28	659	311	284	57	1,71	2,72	0,47	37
BC (42-62)	19	1	18	674	307	404	40	1,63	2,70	0,46	40
C ₁ (62-110)	21	1	20	625	354	357	43	1,66	2,71	0,57	39
C ₂ (110-135*)	82	9	73	590	328	317	46	1,80	2,72	0,56	34
Perfil 07 - Nitossolo Háptico Alítico típico											
A (0-18)	301	29	272	493	206	198	60	1,10	2,65	0,42	59
BA (18-40)	239	14	225	493	268	246	50	1,47	2,65	0,54	44
Bt ₁ (40-72)	133	4	129	669	198	287	57	1,28	2,72	0,30	53
Bt ₂ (72-115)	209	2	207	579	212	242	58	1,42	2,72	0,37	48
BC (115-150*)	263	1	262	483	254	163	66	-	2,70	0,53	-

AT: areia total; AG: areia grossa; AF: areia fina; ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; P: porosidade calculada.

No Latossolo Vermelho-Amarelo e no Cambissolo Háptico ocorrem as menores variações nos teores de argila, com uma tendência de migração de argila dos horizontes superficiais para os subjacentes (Tabela 2). Todavia, no Argissolo há considerável acréscimo de argila no horizonte Bt₁, que novamente decresce em profundidade. A migração de argila é notada pela cerosidade que ocorre em todos os perfis (Tabela 1), sendo fraca e pouca no Latossolo, enquanto no Cambissolo é fraca e comum. De forma

distinta a cerosidade é moderada e abundante no horizonte diagnóstico do Nitossolo, indincando o processo de argiluviação mais intenso nesse perfil.

O Latossolo estudado é um perfil com boa drenagem, pouca variação de matiz, com cores variando de bruno-amarelado-escuro (7,5 YR 4/4) a vermelho-amarelado (5YR 5/8), estrutura em blocos com predomínio de muito pequena a pequena (Tabela 1), associada a valores de densidade variando de 0,96 a 1,19 g cm⁻³, característicos de solos com agregados pequenos e muito estáveis e comumente observados nessa classe de solo (Lepsch, 2011) e associados aos elevados valores de grau de floculação (Tabela 2). Nesse perfil, a consistência é muito dura e, muito plástica e muito pegajosa nos horizontes superficiais, e nos demais horizontes é firme, plástica e pegajosa.

Esse perfil situa-se no domínio morfoestrutural dos Tabuleiros da Amazônia Centro-Ocidental, de superfície arrasada, suavemente ondulada e fortemente dissecada com cotas variando de 50 a 100 m (Souza-Filho et al., 1999). A posição na paisagem, em área plana associada à composição mineral favorecem a boa drenagem dos solos nesse ambiente e torna os processos pedogenéticos de formação muito atuante (Resende et al., 2007).

No Cambissolo Háplico há predomínio de cores brunadas, variando de bruno-muito-claro-escuro (10YR 4/2) a bruno-muito-claro-acinzentado (10YR 7/3), as cores de valores mais elevados expressam a baixa presença de óxidos de ferro pigmentantes, como hematita ou goethita nesse perfil, refletindo a drenagem restrita nesses solos, além da presença de mosqueados mesmo situados em posição de terço superior (Tabela 1).

A estrutura dos horizontes é blocos subangulares, variando de pequena a média, e apenas no horizonte diagnóstico é prismática, desfazendo em blocos subangulares. Com exceção do horizonte A, que apresenta maior influência da matéria orgânica, os demais horizontes tem estrutura de grau variando de fraco a médio, condizente com os valores mais baixos de grau de floculação nesses solos (Tabela 2). A consistência varia de firme a extremamente dura, e é muito plástica e muito pegajosa.

O Nitossolo Háplico é um perfil bem drenado, com cor variando de bruno (7,5YR 4/4) a bruno-avermelhado (5YR 4/6), e apresenta mosqueado pouco comum pequeno distinto no horizonte BC. A estrutura é moderada, de muito pequena a média blocos subangulares e fraca, média prismática em BA, e consistência variando de muito dura a muito firme, muito plástica e muito pegajosa, enquanto é friável, plástica e pegajosa em BC (Tabela 1).

De uma forma geral, mesmo situados em posição de topo, o Cambissolo apresenta drenagem restrita, evidenciado também pelos maiores valores de densidade do solo (Tabela 2), que denota a menor proporção de poros na matriz desse solo. A vegetação natural nessas áreas apresenta peculiaridades em comparação às florestas tropicais

comumente observadas na Amazônia. Frequentemente ocorre vegetação de bambu associada a Floresta Tropical aberta, sendo o bambu espécie adaptada às condições de drenagem restrita nesse ambiente (Schaefer, 2013; Amaral et al., 2013). Já o Nitossolo Vermelho-Amarelo, também em mesma posição da paisagem, é bem drenado, e tem a Floresta tropical aberta no seu domínio. Dessa forma, é possível observar que a composição do material de origem tem forte influência nos processos de gênese desses solos, bem como no desenvolvimento da paisagem regional.

Em relação aos atributos químicos, dois perfis são distróficos e fortemente ácidos (Latossolo e Nitossolo) enquanto o Cambissolo Háptico é eutrófico e moderadamente ácido (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização química de solos estudados ao longo de uma litossequência na Amazônia Sul Ocidental

Horiz. cm	pH _{água}	pH _{KCl}	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	CTC	V	m	P	CO
					cmol _c kg ⁻¹						%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Perfil 04 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico														
A (0-15)	4,37	3,86	0,79	7,98	4,05	1,03	0,15	0,02	5,25	13,23	39,63	13,19	1,35	21,15
AB (15-40)	4,55	3,86	1,86	6,40	3,01	0,20	0,03	ND	3,24	9,64	33,62	36,44	6,37	10,89
Bw ₁ (40-75)	4,73	3,96	1,49	5,95	2,46	0,19	0,01	0,01	2,66	8,61	30,87	35,96	6,61	7,75
Bw ₂ (75-118)	4,76	3,96	1,48	6,85	2,95	0,12	0,02	0,01	3,09	9,94	31,10	32,34	6,50	7,27
Bw ₃ (118-177)	4,76	4,02	0,77	4,82	2,44	0,09	0,00	ND	2,54	7,36	34,48	23,23	6,50	4,87
Bw ₄ (177-200+)	4,94	4,14	0,42	4,12	2,41	0,05	0,01	0,03	2,50	6,62	37,34	14,91	7,04	4,19
Perfil 05 - Cambissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico														
A (0-15)	5,87	5,20	0,68	3,89	19,17	1,70	0,78	0,10	21,75	25,64	84,82	3,01	15,07	20,07
Biv (15-42)	5,76	4,46	0,59	4,47	37,66	7,21	0,34	0,09	45,29	49,77	91,01	1,00	9,46	9,82
BC (42-62)	5,26	3,64	6,40	12,14	28,79	6,41	0,23	0,11	35,53	47,67	74,53	14,05	8,65	7,28
C ₁ (62-110)	5,34	3,56	12,82	19,12	13,86	4,14	0,20	0,19	18,39	37,51	49,03	41,08	7,76	4,36
C ₂ (110-135+)	5,66	3,61	7,51	11,99	11,53	7,20	0,18	0,44	19,34	31,33	61,72	24,00	7,70	2,81
Perfil 07 –Nitossolo Háptico Alítico típico														
A (0-18)	4,33	3,72	2,76	7,74	1,67	1,61	0,27	0,04	3,60	11,34	31,78	43,44	10,38	14,22
BA (18-40)	4,42	3,56	10,43	13,61	0,63	0,43	0,12	0,02	1,19	14,80	8,06	89,74	7,18	6,56
Bt ₁ (40-72)	4,55	3,50	16,29	21,75	0,44	0,40	0,19	0,04	1,06	22,82	4,66	93,83	6,75	8,12
Bt ₂ (72-115)	4,95	3,58	14,40	20,19	1,18	0,51	0,18	0,04	1,92	22,11	8,68	88,23	6,56	3,64
BC (115-150+)	5,40	3,62	13,01	17,97	0,79	0,67	0,16	0,02	1,65	19,62	8,39	88,77	6,37	1,96

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions a pH 7; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; CO: carbono orgânico.

O Cambissolo e o Nitossolo apresentam propriedades relativas aos solos desenvolvidos sobre a Formação Solimões Inferior e Superior, respectivamente. Os altos valores de cálcio no Cambissolo (Tabela 3) são relativos a presença de sulfato de cálcio comumente observado no material de origem desses solos, enquanto valores elevados de alumínio trocável, que também ocorrem no Nitossolo estariam associados à desestabilização de argilominerais 2:1, especialmente daqueles com hidróxi-Al entrecamadas (Marques et al., 2002). Os valores médios de carbono orgânico (14,22 a 21,15 g kg⁻¹) são normalmente encontrados em solos de floresta tropical da região amazônica (Tognon et al., 1998).

O Latossolo apresenta propriedades muito semelhantes a outros Latossolos Vermelho-Amarelos originários de coberturas detrito-laterítica encontrados em posição de

topo (Motta et al., 2002), principalmente em relação aos baixos valores de ferro (Tabela 4), entretanto os valores de soma de bases foram mais elevados (Tabela 3) do que o observado por esses autores, que nesse caso decorreu da maior contribuição do cálcio no complexo de troca.

Tabela 4. Digestão sulfúrica e extração seletiva na fração terra fina seca dos solos estudados ao longo de uma litosequência na Amazônia Sul Ocidental

Horiz. cm	P ₂ O ₅	Digestão Sulfúrica			Fe ₂ O ₃	(SiO ₂ /Al ₂ O ₃)	(SiO ₂ /R ₂ O ₃)	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Relação
		TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃		Ki	Kr	Oxalato	Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/Fe ₂ O ₃ dit
g kg ⁻¹										
Profile 04 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico										
A (0-15)	0,31	14,10	214	201	57	1,81	1,53	3,99	36,65	0,11
B1 (40-75)	0,20	15,77	275	268	67	1,74	1,50	3,63	41,89	0,09
Bw2 (177-200+)	-	-	-	-	-	-	-	1,04	31,27	0,03
Profile 05 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico										
A (0-15)	0,26	8,19	215	95	34	3,84	3,12	4,74	5,35	0,89
Biv (15-42)	0,12	9,91	283	129	46	3,74	3,04	1,98	8,16	0,24
Tr (160-180+)	-	-	-	-	-	-	-	2,04	8,18	0,25
Profile 07 – Nitossolo Háplico Alítico típico										
A (0-18)	0,09	9,34	145	81	28	3,05	2,50	1,67	7,37	0,23
Bt ₁ (40-72)	0,09	12,58	232	151	47	2,60	2,17	3,52	17,33	0,20
Tr (170-200+)	-	-	-	-	-	-	-	0,46	8,17	0,06

Tr: corresponde a tradagem.

A partir da digestão sulfúrica é possível constatar a natureza caulinitica do Latossolo (Tabela 4), com proporções de SiO₂ e Al₂O₃ muito semelhantes e baixos valores de índice Ki (1,74 e 1,81), e até mesmo a baixa remoção de sílica do sistema, já que os valores são muito semelhantes em A e Bw1. Nesse solo, os valores de ferro associados às fases de maior cristalinidade foram mais expressivos do que aquelas relacionadas as fases de menor cristalinidade extraídas pelo oxalato de amônio como pode ser constatado pelas relações Feo/Fed.

Para o Cambissolo e o Nitossolo observa-se valores elevados de Ki (2,60 – 3,84) que confirmam a presença de argilominerais do tipo 2:1 nesses solos (Tabela 4), como já foi observado em outros trabalhos na região (Anjos et al., 2010).

Os valores de TiO₂ no Cambissolo e no Latossolo não apresenta grandes variações nos horizontes A e B, devido à baixa mobilidade do titânio isto sugere os sedimentos que compõem esses horizontes tem composição homogênea, enquanto no Nitossolo possivelmente ocorre uma heterogeneidade na composição do sedimento.

3.2 Composição química total e índices de intemperismo

Os dados de composição total mostram as variações que ocorrem nos teores dos óxidos ao longo dos perfis (Tabela 5). No Latossolo Vermelho-Amarelo a diferença entre os valores SiO₂ e Al₂O₃ são baixas quando comparada com os demais perfis, notadamente devido à natureza caulinítica do solo.

Tabela 5. Valores semiquantitativos de óxidos determinados por FRX dos solos estudados

Horiz. cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	CaO %	MgO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	NiO	PF	Total
Perfil 4 - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico													
A (0-15)	49,1	34,2	7,9	2,7	0,2	0,1	4,6	ND	0,2	0,2	0,01	5,26	100,25
BA (15-40)	45,5	35,0	8,8	2,7	0,2	0,1	0,1	ND	0,1	0,2	0,01	7,08	100,05
Bw ₁ (40-75)	44,5	40,2	5,3	1,7	0,1	0,0	0,1	ND	0,1	0,1	0,00	7,74	100,03
Bw ₂ (75-118)	43,0	35,5	8,4	2,3	0,2	0,0	0,1	ND	0,1	0,1	0,01	10,16	100,01
Bw ₃ (118-177)	43,4	36,6	8,6	2,3	0,2	0,0	0,1	ND	0,1	0,1	0,00	8,38	100,03
Bw ₄ (177-200+)	44,5	38,6	9,2	2,2	0,1	0,0	0,1	ND	0,1	0,1	0,01	4,96	100,04
Perfil 5 - Cambissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico													
A (0-15)	67,3	15,3	4,1	0,8	2,0	1,1	1,1	0,3	0,2	0,1	0,01	7,40	99,98
Biv (15-42)	60,5	19,6	5,6	0,8	2,2	1,1	1,3	0,2	0,2	0,1	0,01	8,2	99,98
BC (42-62)	55,8	20,6	7,5	0,8	2,1	0,9	1,3	0,4	0,1	0,2	0,08	9,04	100,01
C ₁ (62-110)	58,4	21,2	6,6	0,8	1,9	0,7	1,3	0,3	0,1	0,1	0,07	7,52	100,01
C ₂ (110-135+)	60,6	23,2	4,9	0,8	2,7	0,0	0,7	0,2	0,1	0,0	0,01	6,67	99,98
Tr ₁ (135-168)	61,4	23,6	4,7	0,0	1,5	0,0	1,3	0,1	0,1	0,1	0,09	7,01	99,97
Tr ₂ (160-180)	59,0	18,1	7,1	0,7	2,3	0,8	1,4	0,4	0,1	0,1	0,08	8,84	100,04
Perfil 7 - Nitossolo Háptico Alítico típico													
A (0-18)	46,5	33,3	7,1	1,6	0,2	0,1	0,1	ND	0,1	0,2	0,01	10,6	99,96
BA (18-40)	58,9	22,0	6,7	0,9	3,0	0,0	0,5	0,3	0,3	0,1	0,01	7,14	99,93
Bt ₁ (40-72)	57,8	21,5	6,3	0,7	2,3	0,1	1,9	0,4	0,1	0,1	0,1	7,74	99,98
Bt ₂ (72-115)	59,4	22,8	7,0	0,7	2,1	0,1	1,2	0,1	0,1	0,1	0,1	5,42	100,02
BC (115-150+)	60,1	20,5	6,2	0,6	2,0	0,1	1,1	0,4	0,1	0,1	0,1	7,58	99,97
Tr (170-200)	62,3	19,8	4,1	0,7	2,2	0,1	1,2	0,1	0,1	0,1	0,0	9,35	99,97

Tr: corresponde a troca; PF: perda ao fogo; ND: não detectado.

Os valores de SiO₂ tiveram maior variação no Nitossolo Háptico, ocorrendo aumento dos teores em profundidade, provavelmente atribuído à perda de sílica ao longo do perfil (Figura 3).

Os valores de CIA observado no Latossolo, da ordem de 100, foram coerentes com a evolução pedogenética característica desse solo, e também apresentando pouca variação ao longo do perfil (Figura 3). No Cambissolo ocorreu variação de 82 a 94 enquanto no Nitossolo varia de 86 a 99. Nesbitt & Young (1982) descrevem que materiais esmectíticos apresentam CIA variando entre 70 e 85, enquanto para solos com predomínio de caulinita e gibbsita são próximos de 100. Portanto, nesse trabalho o índice não se mostrou adequado para avaliação de alteração química nos solos da Formação Solimões, possivelmente devido aos maiores valores de alumínio que estão relacionados com polímeros de alumínio presentes nesses solos além de fases mal cristalizadas de ferro, silício e alumínio (Tabela 5).

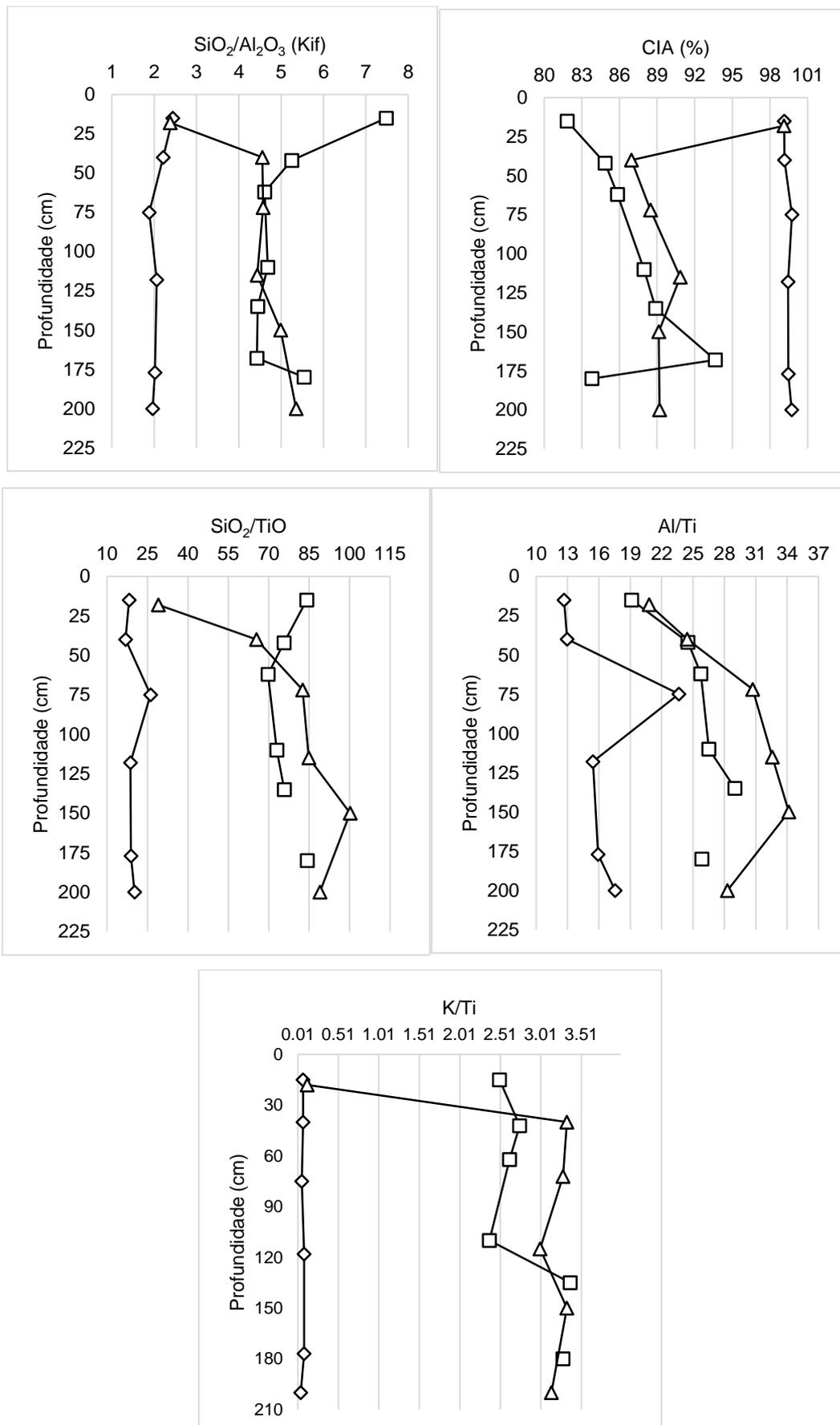


Figura 3. Índices de intemperismo e relações entre elementos móveis e imóveis dos solos estudados. (◇ Latossolo Vermelho-Amarelo; □ Cambissolo Háplico; △ Nitossolo Háplico).

A relação Si/Ti indicou os menores valores e distribuição homogênea ao longo do Latossolo Vermelho-Amarelo, enquanto o Nitossolo Háplico apresentou variações ao longo do perfil, destacando os maiores valores em profundidade. Além disso, de forma semelhante às propriedades constatadas no Cambissolo Háplico, a relação Si/Ti teve pouca variação ao longo do perfil, reiterando o baixo grau de evolução pedogenética que ocorre ao longo de todo o perfil.

Os valores da relação K/Ti (Figura 3) destacam a perda de potássio em superfície, bem como sua variação ao longo do perfil, evidenciando a alteração de materiais micáceos nesses solos. No Nitossolo Háplico ocorreu decréscimo acentuado no horizonte A e estreita variação nos horizontes subjacentes, enquanto no Cambissolo Háplico as variações foram baixas ao longo do perfil (Figura 3).

Aliado aos valores de sílica constatados nesses solos, foi observado a presença de sílica amorfa (Figura 4) em todos os perfis. As formas constatadas no Cambissolo e Nitossolo sugerem que estas estruturas correspondem à fitólitos (Monteiro et al., 2012), e também já foram registradas em solos do Acre por Gama et al. (1992). Dessa forma, essas constituem fonte de silício no ambiente estudado e podem contribuir para o equilíbrio em menores perdas de sílica no sistema.

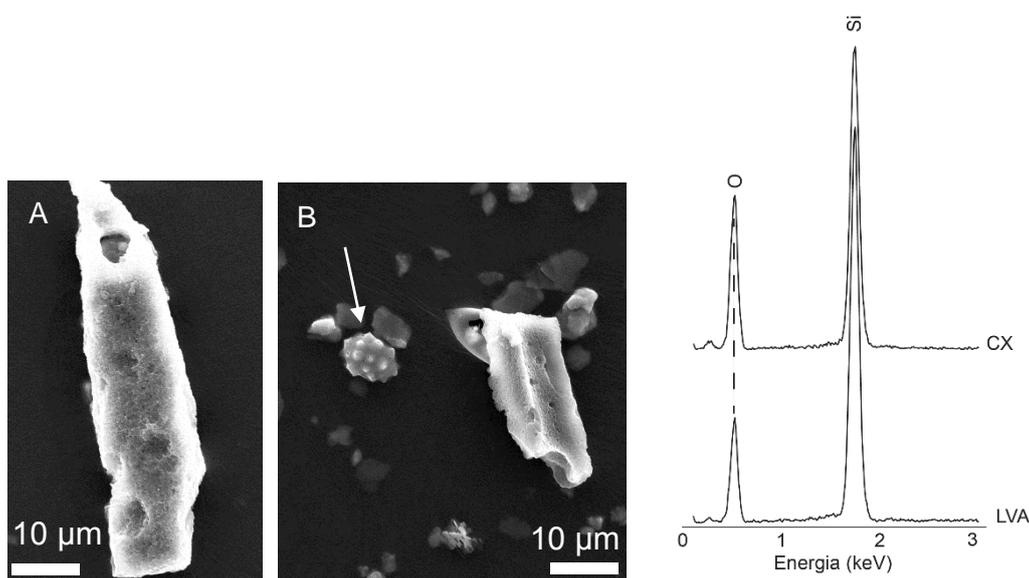


Figura 4. Fotomicrografias de MEV de partículas de sílica amorfa observadas nos perfis estudados, os fitólitos são indicados por setas. A: Latossolo Vermelho-Amarelo; B: Cambissolo Háplico.

3.3 Caracterização Mineralógica

No Latossolo, os principais minerais observados na fração argila natural foram caulinita, quartzo, goethita e hematita, enquanto no Cambissolo e Nitossolo além desses, ocorre illita e esmectita (Figura 5).

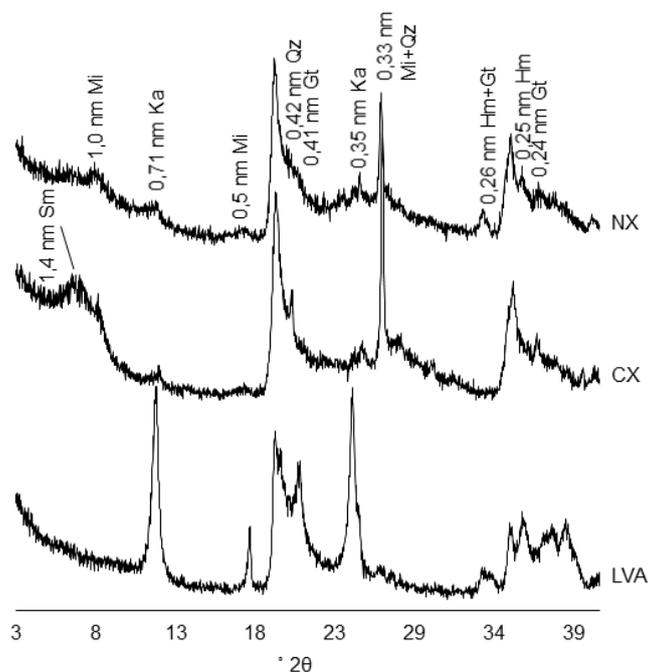


Figura 5. Difratograma de amostras não orientadas da fração argila (natural) dos perfis estudados. Sm: esmectita; Mi: mica; Ka: caulinita; Qz: quartzo; Gt: goethita; Hm: hematita.

Os solos apresentam grande variação na composição mineralógica, que está muito associada à composição do material de origem, a exemplo da mineralogia dos distintos materiais de origem observados no Latossolo e no Cambissolo (Figura 6).

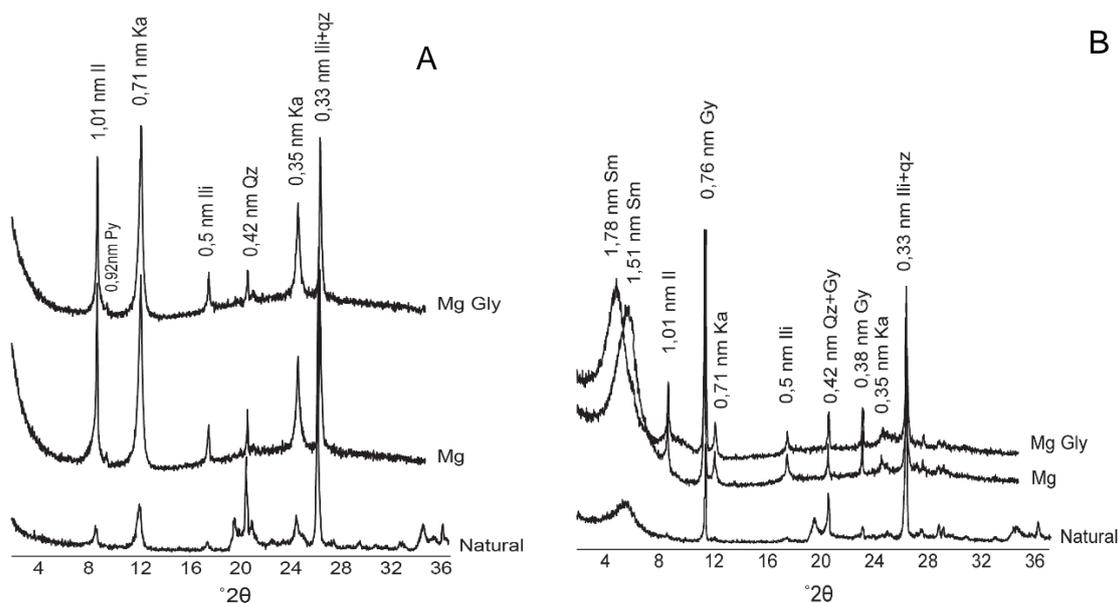


Figura 6. Difratoigramas do material de origem do Latossolo Vermelho-Amarelo (A) e do Cambissolo Háplico. Il: ilita; Py: pirofilita; Ka: caulinita; Qz: quartzo; Sm: esmectita; Gy: gesso.

O material de origem do Latossolo apresenta em sua constituição caulinita, mica, quartzo e pirofilita (Figura 6A). Para o Latossolo, apesar de a maioria dos mapas geológicos registrarem essa área como sendo integrante da Formação Solimões inferior, conforme visto nos difratogramas (Figura 6A) o material de origem é distinto, se assemelhando às coberturas detrito-lateríticas de idade pleistocênica, depositadas em momentos de intervalo de movimentos tectônicos nessa região (Cavalcante, 2006) e que também é observada em Latossolos encontrados na região de Rio Branco no estado do Acre.

A mineralogia do Latossolo (Figura 7) muito se assemelha com um perfil originado do material de origem observado nesse trabalho (Figura 6A), apresentando predominância de caulinita na mineralogia, além da presença de vermiculita, gibbsita e quartzo.

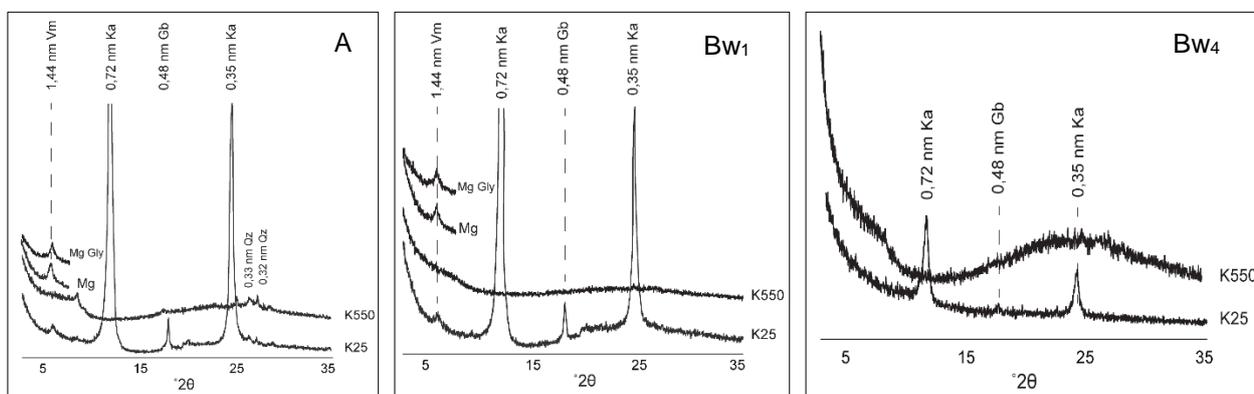


Figura 7. Difratoigramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Latossolo Vermelho-Amarelo. Vm: vermiculita; Ka: caulinita; Gb: gibbsita; Qz: quartzo.

Os picos característicos de caulinita na reflexão 001 é de 0,72 nm e 0,35 nm (002), com total colapso da estrutura quando aquecido a 550 °C. A gibbsita é identificada pelo pico de 0,48 nm, e tem apresenta colapso à 550 °C, enquanto o quartzo identificado à 0,42 nm (002) além do pico de segunda ordem de 0,33 nm.

Além disso, é possível observar no Ap e no Bw1 a presença de vermiculita (1,44 nm na reflexão 001) nas amostras saturadas com Mg e sem deslocamento de picos quando submetida à solvatação com glicerol (Figura 7).

No Latossolo, parte da caulinita possivelmente é neoformada como produto da desestabilização das micas, neoformação e posterior desestabilização da vermiculita e resultando em partículas de caulinita nesses solos. Por outro lado o processo de alitização possivelmente está ocorrendo devido à precipitação da gibbsita, observa-se aumento de intensidade nos picos desse mineral, e redução de intensidade da caulinita no Bw2.

Neste ambiente, a evolução mineralógica está condicionada aos fatores ambientais de altas taxas pluviométricas, pH fortemente ácido, boa drenagem favorecendo a permanência dos minerais de mais alta estabilidade, nesse caso, gibbsita e caulinita (Karathanasis, 2002).

De acordo com o padrão de difração do material de origem e do perfil analisado, possivelmente no processo de pedogênese, ocorreu um ambiente propício ao intemperismo da mica, com altas taxas pluviométricas, drenagem e remoção de sílica do sistema, neoformando vermiculita e caulinita. De outra forma, a presença da gibbsita nos perfis pode estar relacionado ao processo de alitização atuante nas partículas de caulinita que já estavam presentes no material de origem desses solos. Ker (1997) destaca que dois mecanismos básicos propostos para explicar a origem da gibbsita em solos incluem um processo rápido de intemperismo nos estágios iniciais da alteração de aluminossilicatos, sobretudo feldspatos, onde a gibbsita pode ser um dos primeiros produtos de neoformação e o intemperismo intenso e duradouro, envolvendo, inclusive a decomposição da caulinita, principalmente em condições de boa drenagem, baixa atividade de sílica e de bases em solução.

A precipitação de gibbsita reduz a disponibilidade de alumínio trocável no complexo de troca, como constatado no Latossolo (Tabela 3). Observa-se que a maior intensidade da gibbsita ocorre em Bw4 (Figura 7), onde também são registrados os menores valores de alumínio trocável (Tabela 3), tal fenômeno é comumente observado em Latossolos (Ferreira et al., 2010; Nguetnkam & Dultz, 2011).

O argilito referente à Formação Solimões inferior é constituído de argilominerais expansíveis 2:1, mica, gesso, caulinita e quartzo (Figura 6B). Também é constatado na região argilitos sem a visível presença de gesso nos difratogramas.

O Cambissolo Háplico originário da região que apresenta o referido material de origem tem em sua mineralogia estreita relação com essa rocha (Figuras 6B e 8), indicando o baixo grau de intemperização desses solos, condicionado pela baixa taxa de drenagem e prováveis paleoclimas áridos que predominaram em épocas passadas (Mayle & Power, 2010) contribuindo para preservar os argilominerais observados nesses solos.

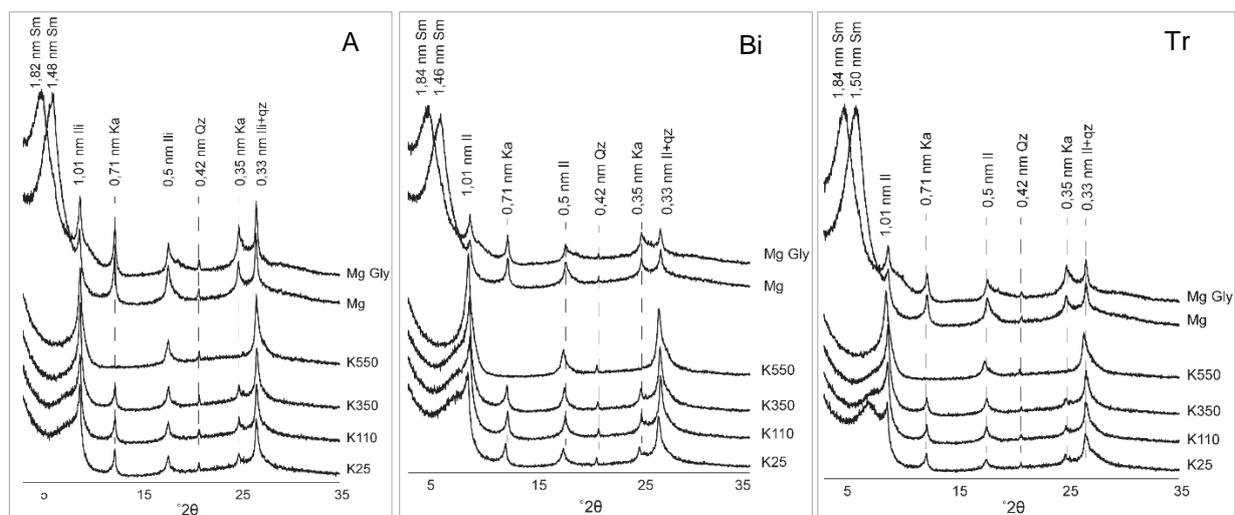


Figura 8. Difratogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Cambissolo Háplico. Esmeclita: Sm; Ill: illita; Ka: caulinita; Qz: quartzo. Tr: corresponde a tradagem.

No Cambissolo Háplico derivado da Formação Solimões inferior, não ocorrem expressivas diferenças mineralógicas quanto a composição nos horizontes A, Biv e na camada mais profunda (Tr). Os difratogramas destacam a presença de esmeclita, illita, esmeclita com hidróxi-Al, caulinita e quartzo nesses solos (Figura 8).

A illita ocorre pelos picos característicos em 1,0 (001) e 0,5 nm (002), enquanto a caulinita apresenta picos em 0,71 nm e colapso deste a 550 °C. Também ocorre quartzo, constatado pelo pico de 0,42 nm. Huang et al. (2011) citam que a illita não é facilmente intemperizada em ambiente úmido e quente, no entanto nas condições de estudo, seu intenso intemperismo possivelmente não é favorecido devido à baixa taxa de drenagem desses solos.

Nos argilomonerais do grupo das esmeclitas do Cambissolo ocorrem picos de 1,46 nm, 1,48nm e 1,50 nm respectivamente para horizontes A, Bi e Tr nas amostras saturadas com magnésio, enquanto há expansão após saturação com glicerol, produzindo picos de

1,82 e 1,84 nm. Os picos com valores acima de 1,4 nm correspondem a predominância de esmectitas com alto grau de hidratação entrecamadas nesses solos (Thorez, 1976).

Os picos normalmente largos observados nessas esmectitas são frequentemente observados em solos (Calero et al., 2013; Drewnik et al., 2014) e referem-se aos pequenos domínios de difração e a presença de interestratificados, comumente esmectita-ilita em solos (Moore & Reynolds, 1997; Velde & Barré, 2010). Dessa forma, utilizando a modelagem foi possível (Figura 9) identificar como principal fase de interestratificado a iliita/esmectita com 28,7%; enquanto a caulinita contribuiu com 19,4%; a ilita com 18,5% e a esmectita com 33,4%.

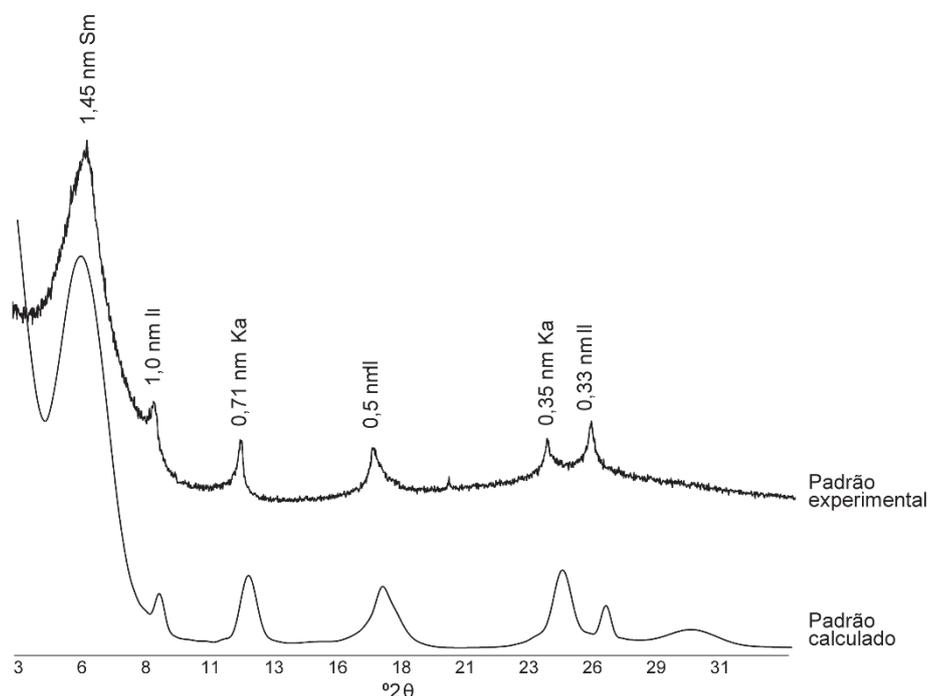


Figura 9. Difratogramas experimentais e calculados de amostras da fração argila do horizonte B do Cambissolo Háplico.

Nos horizontes, observa-se a presença de esmectitas com maior e menor resistência ao colapso quando saturadas com K25, em Tr a amostra saturada com K25 apresentou pico de 12,8 nm e o completo colapso da estrutura ocorreu apenas em K350, já nos horizontes A e Biv observa-se apenas uma pequena resistência ao colapso das esmectitas (Figura 8).

Velde & Barré (2010) citam que esmectitas que contraem quando saturadas com K25 refletindo em picos semelhantes aos da ilita (1 nm) correspondem às esmectitas de alta carga, enquanto aquelas de baixa carga permanecem em estados anidros de duas (1,52nm) ou uma (1,25 nm) camada de hidratação. Dessa forma, nos horizontes A e Biv as

esmectitas referem-se ao predomínio daquelas de alta carga, enquanto na camada mais profunda do horizonte (Tr) predominam as de baixa carga (Figura 8).

Para todos os horizontes analisados o teste de Greene-Kelly foi positivo, denotando a presença de carga tetraedral nas esmectitas desses solos, caracterizado pelo argilomineral beidelita/nontronita (Figura 10).

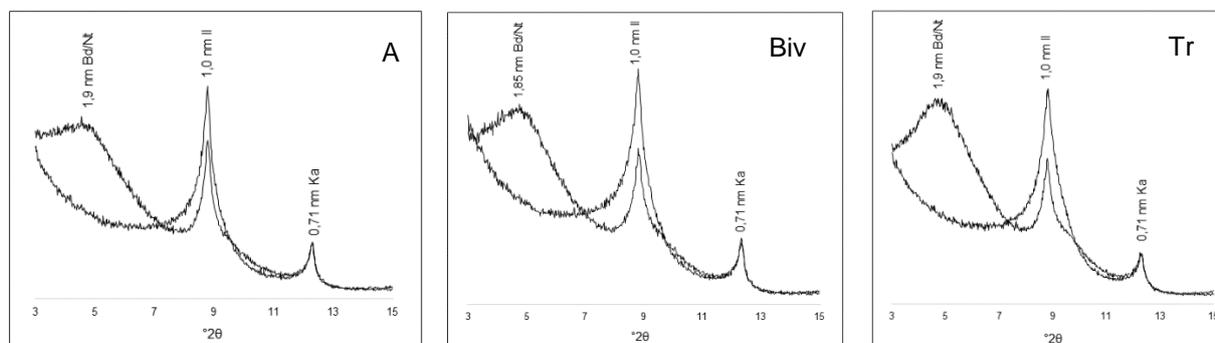


Figura 10. Teste de Greene-Kelly de horizontes A, Biv e da tradagem (Tr) do Cambissolo Háplico derivado da Formação Solimões inferior. Bd/Nt: beidelita/nontronita; Il: ilita; Ka: caulinita.

Nesse teste, a saturação com cátions lítio e aquecimento neutraliza as cargas octaedrais em montmorilonitas, culminando em neutralização da estrutura e não ocorrendo expansão quando as amostras são solvatadas, caracterizando o efeito Hofmann-Klemen, entretanto a expansão ocorre quando as cargas são de origem tetraedral, pois o lítio não neutraliza essas cargas. Entretanto, Reid-Soukup & Ulery (2002) destacam que a maioria das esmectitas possuem suas cargas distribuídas nas folhas octaedrais e tetraedais, portanto esse efeito não reflete a exclusividade de um ou outro tipo de argilomineral no solo, mas sim uma mistura de ambos.

No Nitossolo não ocorreu expressivas variações na assembleia mineralógica ao longo do perfil (Figura 10). Ocorre a presença de argilominerais do grupo das esmectitas (1,43 nm na reflexão 001), além de ilita, caulinita e quartzo semelhante ao perfil anterior (Figura 11). As reflexões no intervalo de 5 a 10° (2θ) com picos muito largos e que praticamente desaparecem após saturação com glicerol possivelmente ocorre pela presença de argilominerais expansíveis e não expansíveis na amostra.

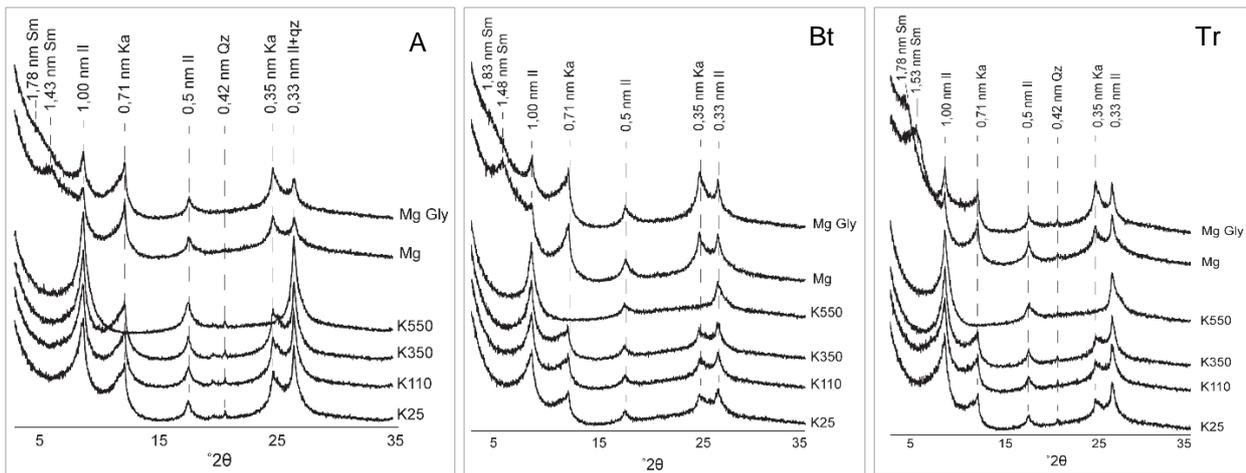


Figura 11. Difratomogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Nitossolo. Esmectita: Sm; Il:ilita; Ka: caulinita; Qz: quartzo. Tr: corresponde a tradagem.

Neste solo, a intensidade dos argilominerais 2:1 tendem a reduzir de Tr para o horizonte A (Figura 11). Destaca-se que esse perfil apresenta boa drenagem associada a altas taxas pluviométricas, favorecendo a desestabilização desses argilominerais, e portanto o período mais recente de sedimentação e exposição desse material associado a paleoclimas contribuiu para a preservação da assembleia mineralógica desse solo.

Quando realizada a modelagem de interestratificados (Figura 12), foram utilizadas duas fases de interestratificados, ilita/esmectita com 13,72% e esmectita/caulinita com 43,42%; além de 25,81% de ilita e 17,04% de caulinita.

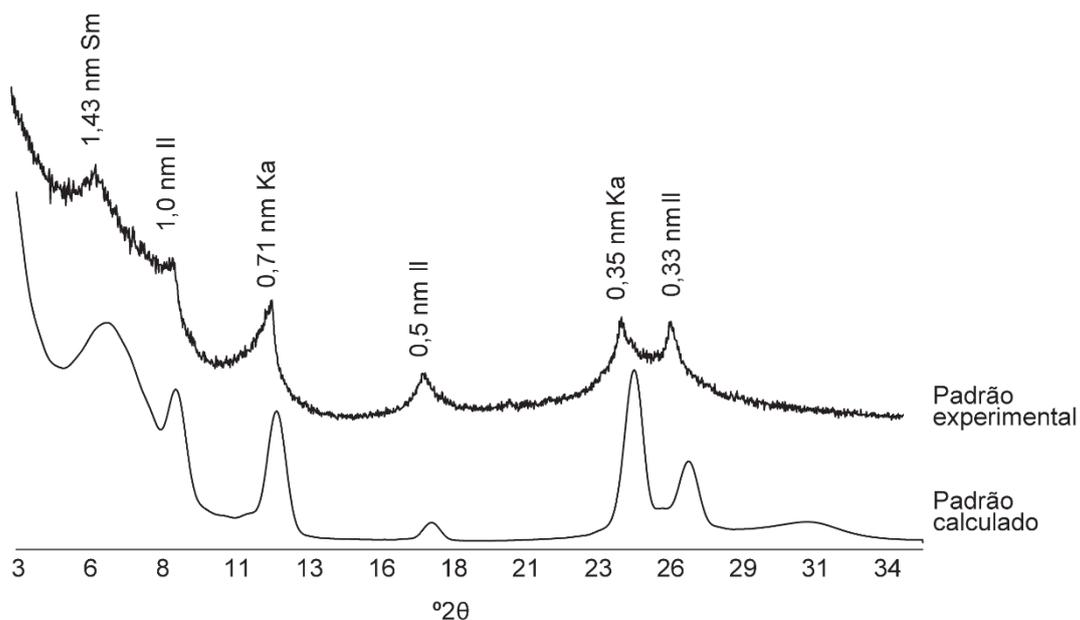


Figura 12. Difrátograma experimental e calculado da amostra da fração argila do horizonte B do Nitossolo Háplico. Sm: esmectita; Il: ilita; Ka: caulinita.

A partir da microscopia eletrônica de alta resolução da fração argila do horizonte Bw₁ do Latossolo observa-se franjas de rede em uma partícula de caulinita (Figura 13). Lu & Chen (2015) destacam que franjas de rede regulares e lisas como observadas na fotomicrografia, estão relacionadas com caulinitas muito preservadas.

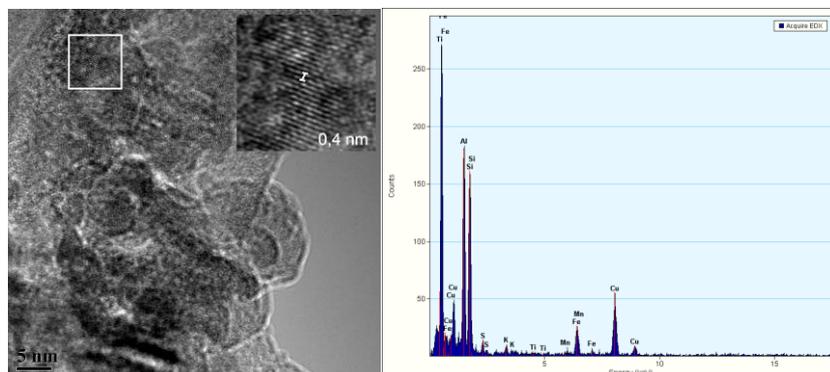


Figura 13. Fotomicrografias de TEM da fração argila do horizonte B do Latossolo Vermelho-Amarelo destacando em as franjas de rede observadas na amostra. Ka: caulinita.

No Nitossolo, ocorre variações nos espaçamentos das franjas de rede em uma mesma partícula. Associado a isso, os espectros de EDS mostram predomínio de Al, Si e K nas regiões estudadas (Figura 14). Dessa forma, essas características podem indicar a presença de interestratificados na amostra relacionados às fases illita/caulinita ou esmectita/caulinita.

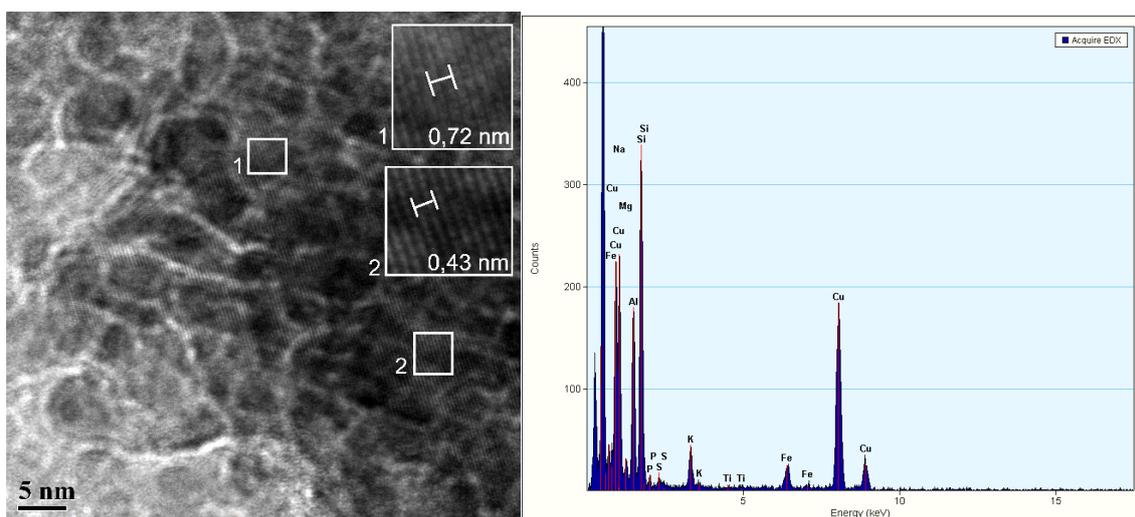


Figura 14. Fotomicrografias de TEM da fração argila do Nitossolo (D), destacando as espessuras das franjas de rede observadas e os respectivos EDS.

De uma forma geral, na fração silte ocorrem os minerais mais resistentes ao intemperismo, em todos os perfis é observado quartzo, rutilo e anatásio (Figura 14). Também observa-se que a presença de mica, e a intensidade tende a reduzir das camadas

mais profundas (Tr) para o horizonte A, possivelmente devido ao intemperismo desse argilomineral no ambiente.

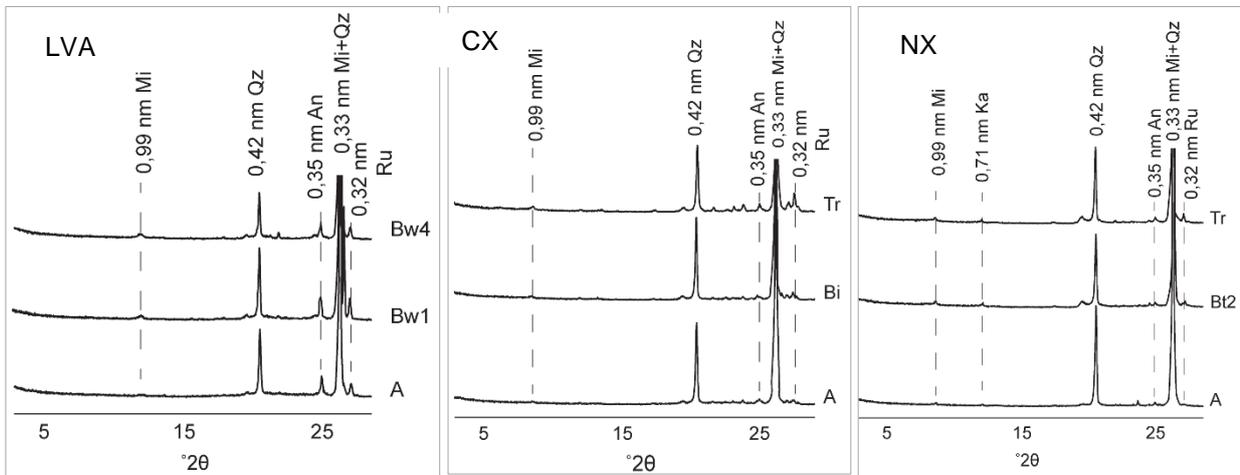


Figura 15. Difratomogramas de amostras não orientadas da fração silte dos perfis estudados. Mi: mica; Ka: caulinita; Qz: quartzo; An: anatásio; Ru: rutilo.

Além disso, utilizando microscopia de varredura foi possível observar agregados de mica alterada com neoformação de caulinita (Figura 16A) no Cambissolo. Na fração silte do Nitossolo os agregados de mica encontram-se alterados, possivelmente constituindo fonte de formação de filossilicatos secundários (Figura 16B).

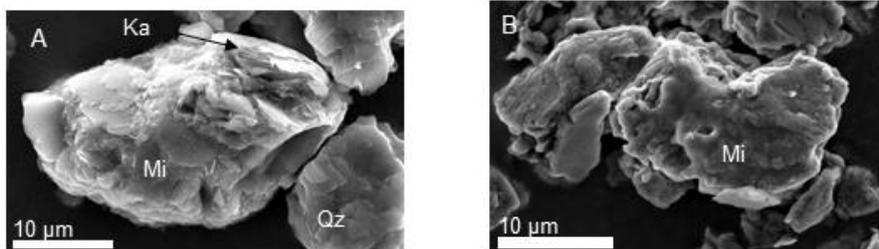


Figura 16. Fotomicrografias de MEV da fração silte de horizontes diagnósticos dos perfis estudados. A: Cambissolo Háplico; B: Nitossolo. Ka: caulinita; Mica: mica; Qz: quartzo.

CONCLUSÕES

Os solos da litossequência estudada apresentam distintas características morfológicas, químicas, físicas e mineralógicas, que estão relacionadas com a composição do material de origem e da influência da drenagem;

Para o Cambissolo Háplico originado de sedimentos de exposição mais antiga, o processo ainda incipiente de gênese está relacionado com a baixa taxa de drenagem desse solo;

O Latossolo Vermelho-Amarelo ainda que proveniente de sedimentos mais recentes, tem maior evolução pedogenética decorrente do material de origem, de baixa resistência ao intemperismo associada à boa drenagem.

Os índices de intemperismo mostraram que no Nitossolo ocorrem taxas de perda de elementos, como silício e potássio de minerais micáceos, relevantes para a evolução pedogenética nesses solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. Zoneamento Ecológico-Econômico, fase II. Rio Branco: SEMA, 2006, 354p.

ALMEIDA, B.G. de. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Tese de doutorado). Piracicaba, São Paulo. 103p. 2008.

ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S. (Eds). Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Correlação e Classificação de Solos. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, 100p.

AMARAL, E.F.do. Ambientes, com ênfase nos solos e indicadores ao uso agroflorestal das bacias dos rios Acre e Iaco, Acre, Brasil. Universidade Federal de Viçosa (Tese de doutorado), Viçosa, MG. 129p. 2003.

AMARAL, E.F. do; ARAÚJO, E.A. de; LANI, J.L.; RODRIGUES, T.E.; OLIVEIRA, H. de; MELO, A.W.F. de; AMARAL, E.F. do; SILVA, J.R.T. da; RIBEIRO NETO, M.A.; BARDALES, N.G. Ocorrência e distribuição das principais classes de solos do estado do Acre. In__ Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S.; LUMBRERAS, J.F.; PEREIRA, M.G. cap.5, p.97-125, Brasília: Embrapa, 2013. 204p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM BRASIL: Folha SC. 20 Purus. Rio de Janeiro: DNPM. 1978. 566p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM BRASIL: Folha SC. 19 Rio Branco. Rio de Janeiro: DNPM. 1976. 464p.

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.

CALERO, J.; MARTÍN-GARCÍA, J.M.; DELGADO, G.; ARANDA, V.; DELGADO, R. A nano-scale study in a soil chronosequence from southern Spain. *European Journal of Soil Science*, v.64, p.192–209, 2013. Doi: 10.1111/ejss.12031.

CAVALCANTE, L.M. Aspectos geológicos do estado do Acre e implicações na evolução da paisagem. Embrapa Acre (Documentos, 104). Rio Branco, AC, 2006. 25p.

CUNHA, P.R. da C. Bacia do Acre. *Boletim de Geociências Petrobrás*, v.15, n.2, p.207-215, 2007.

DREWNIK, M.; MICHAŁ, S.; SZYMAŃSKI, W.; ŻYŁA, M. Mineral composition vs. soil forming processes in loess soils—A case study from Kraków (Southern Poland). *Catena*, v.119, p.166–173, 2014. Doi: 10.1016/j.catena.2014.02.012.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997, 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2013, 353p.

- FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: Física do solo (cap.I). LIER, Q.de J. SBCS, 2010. 298p.
- GAMA, J.R.N.F; KUSABA, T.; OTA, T.; AMANO, Y. Influência de material vulcânico em alguns solos do estado do Acre. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.16, 1992.
- GARDA, A.A.; SILVA, J.M.C. da; BAIÃO, P.C. Biodiversity conservation and sustainable development in the Amazon. Systematics and Biodiversity, v.8, n.2, 2010, p.169-175. Doi: 10.1080/14772000.2010.484435
- GEE, G.W.; OR, D. Particle size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, C.T. Methods of soil analysis: physical methods. Cap II, p.255-289, SSSA, Madison, 2002. 866p.
- HOLMGREN, G.G.S. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. Soil Science Society of America Proceedings, v.31, 1967, p.210-211.
- HUANG, C.; ZHAO, W.; LIU, F.; TAN, W.; KOOPAL, L.K. Environmental significance of mineral weathering and pedogenesis of loess on the southernmost Loess Plateau, China. Geoderma, v.163, p.219–226, 2011.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis: advanced course. 29ed. Madison, University of Wisconsin, 1975. 895p.
- KARATHANASIS, A.D. Mineral equilibria in environmental soil system. In: __DIXON, J.B.; SCHULZE, D.G. Soil mineralogy with environmental applications, cap 4, p.109-149. SSSA, Madison, 2002, 866p.
- KER, J.C. Latossolos do Brasil: uma revisão. Geonomos, v.5, p.17-40, 1997.
- LATRUBESSE, E.M.; COZZUOL, M.; SILVA-CAMINHA, S.A.F. da; RIGSBY, C.A.; ABSY, M.L.; JARAMILLO, C. The Late Miocene paleogeography of the Amazon Basin and the evolution of the Amazon River system. Earth- Science Reviews, v.99, p.99 –124, 2010. Doi: 10.1016/j.earscirev.2010.02.005.
- LEPSCH, I.F. 19 lições de pedologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 456p.
- LEITE, R.N.; ROGERS, D.S.; Revisiting Amazonian phylogeography: insights into diversification hypotheses and novel perspectives. Organisms Diversity & Evolution, v.13, n.4, 2013, p.639-664. Doi: 0.1007/s13127-013-0140-8.
- LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V. de; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, M.N. Mineralogia e química de três solos de uma toposseqüência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, 2006, p.59-68.
- MAIA, R.G.N.; GODOY, H.K.; YAMAGUTI, H.S.; MOURA, P.A. de; COSTA, F.S.F. da; HOLANDA, M.A. de; COSTA, J. de A. Projeto carvão no alto Solimões, relatório final. CPRM, 141p, 1977.
- MARQUES, J.J.; TEIXEIRA, W.G.; SCHULZE, D.G.; CURI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. Clay Minerals, v.37, 2002. Doi: 10.1180/0009855023740067.
- MAYLE, F.E.; POWER, M.J. Impact of a drier Early-Mid-Holocene climate upon Amazonian forest. Philosophical Transactions of the Royal Society, v.363, p.1829-1838, 2010. Doi: 10.1098/rstb.2007.0019.

- McKEAGUE, J.A., DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Canadian Journal Science*, v.46, 1966.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clay and clay minerals*, v.7, 1960.
- MILANI, E.J.; RANGEL, H.D.; BUENO, G.V.; STICA, J.M.; WINTER, W.R.; CAIXETA, J.M.; PESSOA NETO, O. da C. Bacias Sedimentares Brasileiras – Cartas Estratigráficas. *Boletim de Geociências Petrobrás*, v.15, n.2, p.183-205, 2007.
- MONTEIRO, M. dos R.; PEREIRA, J.S.R.; RASBOLD, G.G.; PAROLIN, M.; CAXAMBU, M.G. Morfologia de fitólitos característicos de duas espécies de arecaceae do bioMaMata atlântica: *Bactris setosa* Mart. e *Geonoma schottiana* Mart. *Revista Biologia Neotropical*, v.9, p.10-18, 2012.
- MOORE, D.M.; REYNOLDS Jr, R.C. Identification of mixed-layered clay minerals. In: _____. *X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals*. Ed.2. New York: Oxford University Press, 378p.1997.
- MOTA, B.M. Proveniência da Formação Içá e de sedimentos do rio Solimões, entre os municípios de Tefé e Manacapuru – Amazonas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, 112f. 2008.
- MOTTA, P.E.F. da; CARVALHO FILHO, A. de; KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro, *Pesquisa agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.6, p.869-878, 2002.
- NESBITT, H., YOUNG, G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature* v.299, 1982, p.715–717.
- NGUETNKAM, J.P.; DULTZ, S. Soil degradation in Central North Cameroon: Water-dispersible clay in relation to surface charge in Oxisol A and B horizons, *Soil and Tillage Research*, v.113, p.38-47, 2011. Doi: 10.1016/j.still.2011.01.006.
- REID-SOUKUP, D.A.; ULERY, A.L. Smectites. In: *Soil Mineralogy with Environmental Application*, Dixon, J.B. and D.G. Schulze (Eds.). SSSA, Inc., Madison, WI, p.467-499. 2002.
- RESENDE, M.; CURI, N.; CORRÊA, G.F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 5ed. Lavras: UFLA, 2007. 322p.
- ROSSETTI, D.F.; COHEN, M.C.L.; BERTANI, T.C.; HAYAKAWA, E.H.; PAZ, J.D.S.; CASTRO, D.F.; FRIAES, Y. Late Quaternary fluvial terrace evolution in the main southern Amazonian tributary. *Catena*, v.116, 2014, p.19–37. Doi: 10.1016/j.catena.2013.11.021.
- SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. dos. *Manual de descrição e coleta de solos no campo*. 5. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2005. 92p.
- SCHAEFER, C.E.G.R. Clima e paleoclima do Acre: memórias e cenários da aridez quaternária na Amazônia e implicações pedológicas. In: *Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos*. ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S.; LUMBRERAS, J.F.; PEREIRA, M.G. cap.3, p.59-77, Brasília: Embrapa, 2013. 204p.
- SOUZA FILHO, P.W.M.; QUADROS, M.L. do E.S.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA FILHO, E.P. da S.; REIS, M.R. Compartimentação morfoestrutural e neotectônica do sistema fluvial

Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia-Brasil. Revista Brasileira de Geociências, v. 29, n.4, p.469-476, 1999.

THOREZ, J. Practical identification of clay minerals. Liège, Belgium: Institute of Mineralogy, 1976. 519p.

TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J.L.I.; DEMATTÊ, J.A.M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil Central. Scientia Agrícola, v.55, n.3,1998. Doi:10.1590/S0103-90161998000300001.

VELDE, B.; BARRÉ, P. Soil, plants and clay minerals. Berlin: Springer, 2010. 349p.

VIANA, H.M.; KANGUSSU, G.D.; CEDDIA, M.B.; UNTERLINE, B.; ANDRADE, H.M. Granulometria dos solos da IX RCC do acre. In:___ANJOS, L.H.C dos; SILVA, L.M. d; WADT, P.G.S. Guia de campo da IX RCC:guia de campo, p.56-63, 2010. 132p. Rio Branco: SBCS, Embrapa.

CAPÍTULO III

CAMBISSOLOS EUTRÓFICOS DESENVOLVIDOS A PARTIR DE SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES INFERIOR, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

RESUMO

Na Amazônia Sul-Occidental os solos da Formação Solimões Inferior (FSI) são predominantemente eutróficos e esmectíticos. Esse trabalho objetivou estudar as variações de solos que ocorrem ao longo de uma topossequência na FSI. Para isso foram estudados dois perfis de solo em uma topossequência, situados em posição de terço superior e inferior. Foi realizada a caracterização morfológica, caracterização química por meio da determinação de soma de bases, acidez trocável e potencial, fósforo disponível e carbono orgânico; caracterização física incluindo a granulometria, densidade do solo e de partículas; extração seletiva de ferro por ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato de amônio; extração sulfúrica para determinação de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO . O estudo da assembleia mineralógica do solo abrangeu a difração de raios-x para caracterização da fração silte em pó não orientado, fração argila em pó não orientado e lâminas orientadas e submetidas a tratamentos de saturação com cátions e térmicos e teste de Greene Kelly. Não foi observado variações na classificação dos solos em posição de terço superior e inferior, sendo ambos os solos classificados como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico. A caracterização morfológica, física, química e mineralógica mostrou que não ocorrem variações nessas propriedades com as mudanças na posição da encosta, e que o principal fator que limita a pedogênese nesse ambiente é a alta restrição à drenagem dos solos, reduzindo drasticamente a infiltração de água nas posições altas e baixas da paisagem. Entretanto, todos os perfis apresentam migração de argila constatada pela cerosidade, e superfícies de compressão devido à alta atividade de argila. A caracterização mineralógica identificou argilominerais do grupo das esmectitas, e que também ocorrem esmectitas de carga tetraedral nesses solos.

Palavras-chave: esmectitas, beidelita/nontronita, DRX, superfícies de compressão.

ABSTRACT

The soils from Lower Solimões Formation (LSF) are predominantly eutrophic and rich in smectites in Southwestern Amazon. This study investigated the changes in soils properties along the LSF. Were studied two soil profiles in a topossequence, located at upper and lower third position. It was analysed the morphological properties, chemical characterization by determining the sum of bases, and exchangeable acidity potential, available phosphorus and organic carbon was conducted; particle size, bulk and particle density; selective extraction of iron by dithionite-citrate-bicarbonate and ammonium oxalate; sulfuric extraction for determination of SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 and TiO . The study of mineral soil assembly included the x-ray diffraction to characterize the silt in non-oriented powder, clay powder in oriented and non-oriented plates and subjected to saturation and thermal treatments, and Greene-Kelly test. There was no variation in soil classification in upper and lower third position, with both soils classified as Cambissolo Ta Eutrófico vertissólico. There were not variation in the morphological, physical, chemical and mineralogical properties in the different positions, and that the main factor limiting the pedogenesis in this environment is the high restriction on drainage, drastically reducing water infiltration in upper third as in the lower slope positions. However, all profiles present migration of clay found by the waxy, and slickensides due to high clay activity. The mineralogical characterization identified the group of smectite clay minerals, which also occur tetraedal charge smectite in these soils.

Keywords: smectites, beidellite/nontronite, XRD, compression surfaces.

1. INTRODUÇÃO

A pedogênese é influenciado pelos fatores de formação do solo, entretanto alguns desses fatores podem ser mais ou menos atuantes, dependendo do contexto da paisagem onde o solo está inserido (Schaetzl & Anderson, 2005). Dessa forma, as pesquisas em processos de formação do solo frequentemente são realizadas em específicas sequências de solos, e considerando a variação de fatores específicos de formação, os quais no ambiente estudado exercem forte influência na pedogênese, a exemplo das litossequências, climossequências e topossequências (Pedron et al., 2012; Tsai et al., 2010).

A Formação Solimões Inferior é umas das principais unidades geológicas do Terciário que recobre a Amazônia Sul-Occidental. Esta é de origem lacustre, tendo os argilitos e siltitos como principais rochas constituintes.

Na região Amazônica o clima quente e úmido é considerado um dos principais fatores de formação dos solos, as condições de altas taxas pluviométricas associada às altas temperaturas tendem a resultar em solos de avançado grau de evolução, frequentemente de natureza oxídica e caulinítica (Cochrane & Cochrane, 2006; Souza et al., 2015; Valladares et al., 2011).

Por outro lado, apesar do clima favorecer acentuadas taxas de intemperismo, solos evoluídos não predominam em toda a região Amazônica, visto que outros fatores podem influenciar na pedogênese desses solos. Dessa forma, Lima et al. (2006) citam que solos de baixo grau pedogenético na Amazônia estão associados principalmente aos sedimentos de origem Andina e à influência do lençol freático.

Nos sedimentos terciários-quadernários de origem andina, Campos et al. (2012) constataram nas regiões de topo e encosta do relevo solos evoluídos, comumente Latossolos Amarelos, e nas regiões de sopé Neossolos Regolíticos. Rososolen & Herpin (2008) também observaram variações de solo de origem sedimentar na Amazônia Sul-Occidental, esses autores destacam que nas partes mais altas, a boa drenagem favorece a pedogênese dos solos, enquanto em áreas mais baixas o hidromorfismo reduz a intemperização e também favorece o acúmulo de matéria orgânica.

Desse modo, compreender as variações dos solos na paisagem observando a variação do relevo é essencial para entender como diferentes posições na paisagem podem influenciar na pedogênese dos solos (Kämpf & Curi, 2012; Lepsch, 2011).

A partir do exposto, observa-se que a variação do relevo na paisagem influencia na formação dos solos originados de sedimentos na Amazônia. Seguindo essa prerrogativa,

esse trabalho objetiva estudar as variações de solo em uma topossequência nos sedimentos andinos da Formação Solimões Inferior.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo e coleta de solos

Foram descritos e coletados dois perfis de solos em áreas de vegetação natural em um transsecto que abrange coberturas sedimentares da Formação Solimões inferior na região do município de Sena Madureira, estado do Acre (Figura 1). A descrição dos solos foi realizada conforme Santos et al. (2005), a determinação de cor pela Munsell Color Chart, e a classificação de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

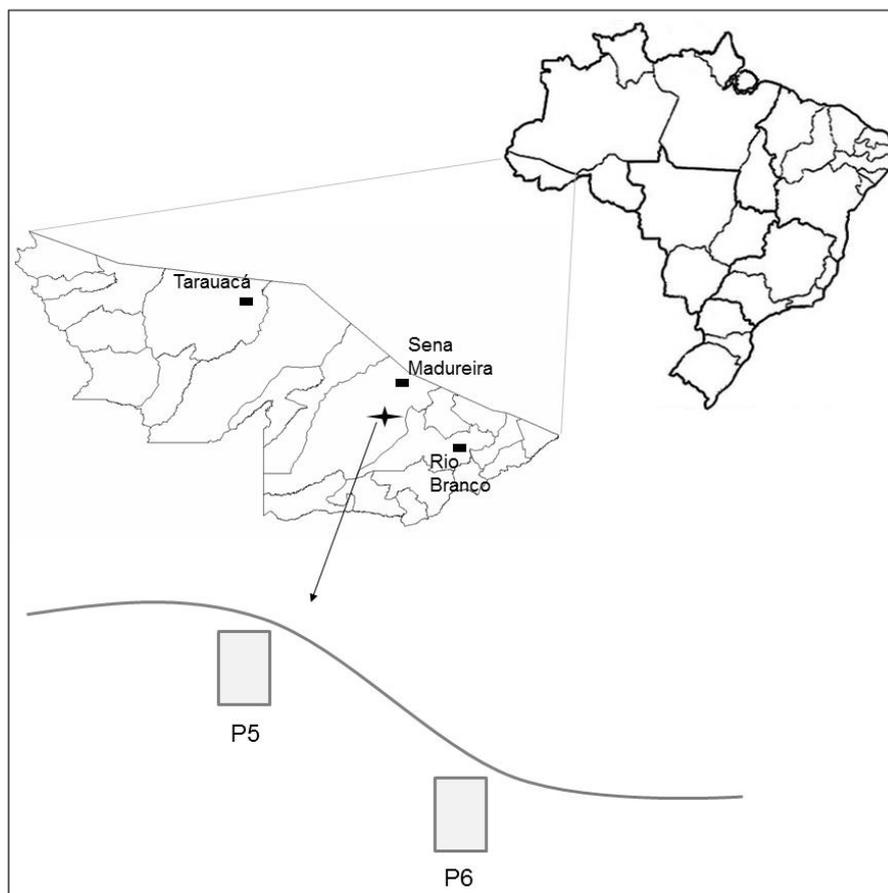


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Para esse trabalho foi estudada uma catena situada na Formação Solimões Inferior (FSI), consistindo dos perfis 5 e 6. Na região de domínio da FSI ocorre a Floresta Tropical Subperenifólia Aberta com bambus e Floresta Tropical Subperenifólia Aberta com palmeiras (Silveira & Salimon, 2013). O clima da região é do tipo Am, com estação seca de

pequena duração, com temperaturas médias anuais de 24 a 26 °C e umidade relativa do ar de 85 a 90% (Brasil, 1976).

A Formação Solimões Inferior é composta de rochas pelíticas, com argilitos intercalados com siltitos, arenitos finos e linhitos formados em ambiente redutor predominante lacustre e fonte de deposição flúvio-marinho (Acre, 2007).

A sequência de solos referente à FSI, está situada na região do município de Sena Madureira, nas coordenadas 09°00'11,4"S, 68°56'53,4"W; compreendendo um perfil localizado em posição de terço superior de elevação à 191 m (Perfil 5), e um perfil em posição de terço inferior à 182 metros de altitude (Perfil 6).

Após coleta de amostras dos horizontes, estas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas utilizando peneira de malha 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) para realização das análises laboratoriais. Além da coleta de amostras dos horizontes, também foi realizada tradagem de camadas em profundidade, no intuito de analisar materiais menos intemperizados, nesse trabalho essas amostras são denominadas Tr.

2.2 Análises Físicas

A análise textural foi realizada pelo método do hidrômetro utilizando hidróxido de sódio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e Calgon (mistura hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio); a densidade de partícula pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante; enquanto para a densidade do solo foi utilizado o método do anel volumétrico e para algumas amostras o torrão parafinado (Embrapa, 1997; Gee & Or, 2002; Almeida, 2008; Viana et al., 2010).

2.3 Análises Químicas

Seguindo a metodologia de Embrapa (1997, 2009) foi determinado na TFSA o pH em água e KCl 1 mol L^{-1} (proporção solo solução 1:2,5), cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , utilizando KCl 1 mol L^{-1} como extrator e determinação por espectroscopia de absorção atômica (EAA); $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ extraído com acetato de cálcio ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) a pH 7 e determinado por titulometria ($\text{NaOH } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$); carbono orgânico por via úmida, pelo método de Walkley-Black; e K^{+} , Na^{+} , P disponível extraído com solução de Mehlich-3, determinado por fotometria de chama e fósforo por colorimetria.

O ferro extraído pela dissolução seletiva dos óxidos de ferro pedogênicos de alta e baixa cristalinidade e também das fases não-cristalinas da TFSA dos horizontes A, B diagnóstico e tradagem mais profunda (Tr) foi realizada pelo método do ditionito-citrato-

bicarbonato (Mehra & Jackson, 1960; Holgrem, 1967) e oxalato ácido de amônio (pH 3) no escuro (Schwertmann, 1964; McKeague & Day, 1966) e quantificação por AAS.

Para o cálculo de índices de intemperismo K_i e K_r foi realizada a digestão sulfúrica de amostras dos horizontes A e B diagnóstico de todos os perfis, utilizando H_2SO_4 na relação (relação 1:1 com H_2O destilada), determinando a sílica (SiO_2) por gravimetria, alumínio (Al_2O_3) por compleximetria e o Fe_2O_3 pela EAA (Embrapa, 1997)

2.4 Análises Mineralógicas

A difração de Raios-X foi realizada nas frações areia, silte e argila dos horizontes A, B diagnóstico e tradagem mais profunda (Tr). Foi utilizado um difratômetro Shimadzu 7000 operando com radiação $Cu K\alpha$ a 40 kV e 30 mA, com monocromador de grafite, com velocidade de $1^\circ \text{ min } 2\theta$, registrando amplitude de 5 a $70^\circ (2\theta)$ que variou de acordo com a fração analisada e o tratamento submetido.

Amostras de areia grossa e fina, silte e argila natural em pó desorientadas foram irradiadas. A argila natural foi submetida a pré-tratamentos para eliminação de matéria orgânica (peróxido de hidrogênio 15%), eliminação de carbonatos (acetato de sódio 1M, pH 5) e remoção de óxidos de ferro com o método ditionito-citrato-bicarbonato, visando a remoção desses agentes cimentantes e flocculantes que interferem na qualidade dos difratogramas gerados.

Parte dessas amostras foram saturadas com KCl 1 mol L^{-1} e irradiadas a $25^\circ C$, e após aquecimento por 3 horas em tratamentos de 350 e $550^\circ C$ e irradiadas novamente. Parte das amostras também foram irradiadas após saturação com $MgCl_2$ 1 mol L^{-1} e após solvatação com glicerol. As identificações dos minerais a partir dos espaçamentos interplanares de acordo com os tratamentos empregados foi realizada de acordo com Jackson (1975); Brown & Brindley (1980); Moore & Reynolds Jr (1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização morfológica e física

Nos solos derivados da Formação Solimões Inferior não ocorreu variação taxonômica dos solos, sendo ambos perfis classificados como Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico com sequências A-Biv-BC-C1-C2 (P5) e A-Biv-BC-C (P6).

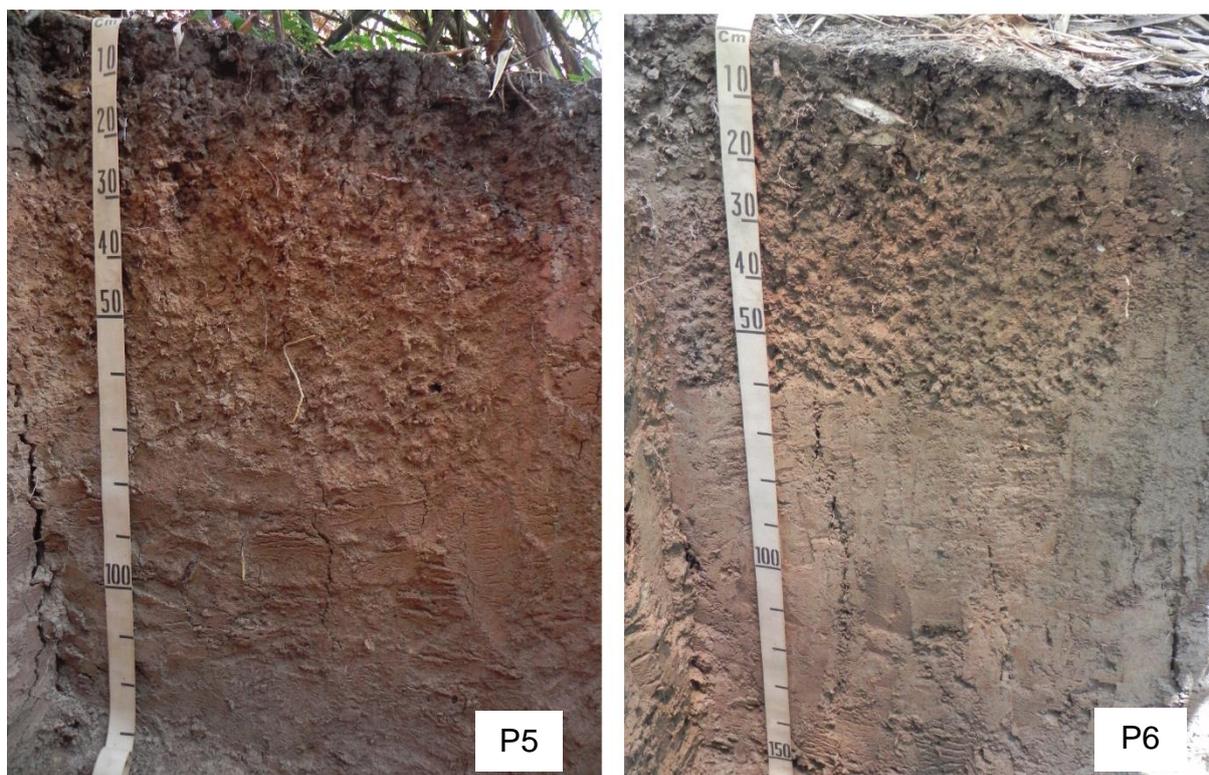


Figura 2. Visão geral dos perfis estudados na Formação Solimões Inferior, ambos classificados como Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico.

Os solos derivados da Formação Solimões Inferior não apresentaram expressivas variações pedogenéticas com a mudança de posição na paisagem, com sequência e profundidade de horizontes muito semelhantes, mostrando que os processos ainda incipientes de pedogênese predominam em toda a paisagem, independentemente do relevo.

Mesmo em ambiente de terço superior na paisagem, predominam solos de drenagem restrita, semelhantes aos da posição de terço inferior, o que pode ser constatado pelas cores mais claras, de valores mais elevados e cromas mais baixos que predominam, ocorrendo cores mais escuras apenas nos horizontes superficiais devido ao poder pigmentante da matéria orgânica (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização morfológica dos solos estudados ao longo da topossequência na Formação Solimões Inferior, Amazônia Sul-Occidental

Hor.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	Estrutura	Cerosidade	Consistência (seco, úmido, molhado)	Transição
		Matriz	Mosqueado					
Perfil 05 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico								
A	0-15	10YR 4/2	-	argilosa	mod. méd. a gran. bl. sub.	-	ext. dur. mfirm. mplást. mpeg.	cl. e plan.
Biv	15-42	7,5YR 5/4	-	muito argilosa	fr. gran. prism. (bl)	fraca e comum	ext. dur. mfirm. mplást. mpeg.	grad. e plan.

Hor.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	Estrutura	Cerosidade	Consistência (seco, úmido, molhado)	Transição
		Matriz	Mosqueado					
BC	42-62	10YR 6/4	5YR 4/6 co. peq. dis.	muito argilosa	fr. peq. a méd. bl. ang.	-	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
C1	62-110	10YR 7/4	2,5YR 4/6 ab. peq. proem.	muito argilosa	mac. fr. méd. bl. ang.	-	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
C2	110-135+	10YR 7/3	5YR 5/6 com. peq. dis.	argilosa	mac. fr. méd. bl. ang.	-	mfir. mplást. mpeg.	-
Perfil 06 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico								
A	0-18	10YR 4/3	-	argilosa	fr. mod. méd. bl. sub.	-	mdur. mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Biv	18-40	7,5YR 4/6	-	argilosa	fr. mod. a for. peq. a méd. bl. sub.	fraca e abundante	mdur. mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BC	40-78	10YR 6/4	5YR 5/4, ab. peq. proem.	muito argilosa	fr. a mod. peq. a méd. bl. ang.	-	mdur. mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
C	78-150+	2,5YR 6/3	2,5YR 4/6, ab. peq. proem.	muito argilosa	mac. fr. peq. a méd. bl. ang.	-	mdur. mfir. mplást. mpeg.	-

Peq: pequeno; ab: abundante; com: comum; dis: distinto; proem: proeminente; mod: moderada; méd: média; gran: grande; peq: pequena; fr: fraca; mod: moderada; bl sub: blocos subangulares; bl: blocos; prism: prismática; mac: maciça; extr dur: extremamente dura; mdur: muito dura; mfir: muito firme; mplást: muito plástica; mpeg: muito pegajosa; cl: clara; plan: plana; grad: gradual.

Na caracterização morfológica observa-se predomínio da textura argilosa nesses solos (Tabela 1), condizente com a natureza pelítica do material de origem (Cavalcante, 2006). A estrutura é distinta em Biv, ocorrendo a formação de estrutura fraca grande prismática no terço superior (Perfil 5), enquanto é fraca moderada a forte pequena a média blocos subangulares no terço inferior (Perfil 6). Dessa forma, observa-se um melhor desenvolvimento da estrutura no topo do relevo. Além disso, a presença de superfícies de compressão constatada em ambos os perfis contribui para a presença de caráter vértico nesses solos.

A estrutura tende a ser maça no horizonte C de ambos os solos, Bernini et al. (2013) estudando solos semelhantes na região atribuem essa característica à baixa permeabilidade, que mantém o horizonte com alta umidade, favorecendo a coesão das partículas e impedindo a formação da estrutura com agregação.

A presença de mosqueados foi observada em ambos os solos a partir de 40 cm de profundidade, também evidenciando o baixo grau de drenagem dos solos, principal fator que restringe a pedogênese nesses solos. A consistência apresentou variação entre os perfis quando avaliada à seco, sendo extremamente dura em A e Biv e muito firme nos demais horizontes no terço superior (Perfil 5), enquanto é muito dura ao longo de todo o

horizonte no terço inferior (Perfil 6), e é muito plástica e muito pegajosa em ambos (Tabela 1).

Na análise textural (Tabela 2) constata-se elevados valores de argila observados nesses solos, com percentual de areia baixo ao longo do perfil, expressando a natureza argilosa do material de origem, comumente pelítico nessa região. Além disso, o baixo grau de floculação com predominância de valores abaixo de 50%, possivelmente estão relacionados com baixos valores de óxidos de ferro decorrente da má drenagem e evidenciado pelas cores mais cinzentas desses solos (Tabela 1).

Tabela 2. Caracterização física de solos estudados ao longo da topossequência

Horiz. cm	AT	AG	AF	Argila	Silte	ADA	GF	Ds	Dp	Silte/Argila	P
				g kg ⁻¹			%	g cm ⁻³			%
Profile 05 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico											
A (0-15)	75	8	67	537	388	194	64	1,59	2,55	0,72	38
Biv (15-42)	30	2	28	659	311	284	57	1,71	2,72	0,47	37
BC (42-62)	19	1	18	674	307	404	40	1,63	2,70	0,46	40
C1 (62-110)	21	1	20	625	354	357	43	1,66	2,71	0,57	39
C2 (110-135*)	82	9	73	590	328	317	46	1,80	2,72	0,56	34
Profile 06 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico											
A (0-18)	73	21	52	491	435	281	43	1,37	2,58	0,89	47
Biv (18-40)	49	22	27	593	358	342	42	1,61	2,65	0,60	39
BC (40-72)	51	26	25	615	335	327	47	1,62	2,70	0,54	40
C (72-115*)	45	22	23	613	342	307	50	1,77	2,48	0,56	29

AT: areia total; AG: areia grossa; AF: areia fina; ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; P: porosidade calculada.

De forma geral, observa-se que a composição mineral desses solos, caracterizados pelos valores elevados de argila associada à alta atividade de argila, são fatores que restringem a infiltração de água no solo, e portanto para que não ocorra variações do solo em diferentes condições topográficas.

3.2 Caracterização química e extrações seletivas

No complexo sortivo dos solos ocorrem valores elevados de Ca, Mg e Al e os valores de pH variam de 5,01 a 5,87 (Tabela 3). Os valores elevados de cátions trocáveis são retratados na literatura (Bernini et al., 2013) e sobretudo associados a presença de sulfato de cálcio no material de origem (Schaefer, 2013), enquanto o alumínio trocável seria proveniente da desestabilização de argilominerais do grupo das esmectitas (Marques et al., 2002).

Tabela 3. Caracterização química de solos estudados ao longo da topossequência

Horiz. cm	pH _{água}	pH _{KCl}	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	CTC	V	m	P	CO
				cmol _c kg ⁻¹							%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Perfil 05 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico														
A (0-15)	5,87	5,20	0,68	3,89	19,17	1,70	0,78	0,10	21,75	25,64	84,82	3,01	15,07	20,07
Biv (15-42)	5,76	4,46	0,59	4,47	37,66	7,21	0,34	0,09	45,29	49,77	91,01	1,00	9,46	9,82

Horiz. cm	pH _{água}	pH _{KCl}	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	CTC	V	m	P mg kg ⁻¹	CO g kg ⁻¹
												%		
BC (42-62)	5,26	3,64	6,40	12,14	28,79	6,41	0,23	0,11	35,53	47,67	74,53	14,05	8,65	7,28
C1 (62-110)	5,34	3,56	12,82	19,12	13,86	4,14	0,20	0,19	18,39	37,51	49,03	41,08	7,76	4,36
C2 (110-135+)	5,66	3,61	7,51	11,99	11,53	7,20	0,18	0,44	19,34	31,33	61,72	24,00	7,70	2,81
Perfil 06 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico														
A (0-18)	5,38	4,49	0,94	5,79	23,03	4,26	0,17	0,05	27,50	33,30	82,60	3,31	9,08	19,20
Biv (18-40)	5,01	3,69	6,78	11,85	24,52	4,25	0,19	0,09	29,05	40,90	71,03	18,93	8,65	9,23
BC (40-78)	5,41	3,66	12,46	17,58	19,46	5,33	0,17	0,17	25,14	42,72	58,82	33,15	1,11	4,19
C1 (78-150+)	5,67	3,62	10,36	14,60	16,47	6,79	0,19	0,43	23,88	38,48	61,93	30,41	8,21	3,79

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions a pH 7; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; CO: carbono orgânico.

Muitos trabalhos discutem a dinâmica de alumínio trocável nesses solos, sobretudo que a extração com solução saturada de KCl não seria a ideal para extrair a fase efetivamente trocável, visto que esses solos não apresentam fitoxidez por esse elemento, e dessa forma os valores de alumínio trocável são superestimados pelos métodos de rotina (Bernini et al., 2013; Almeida et al., 2010; Gama et al., 1999). Por outro lado, os valores mais baixos em superfície referem-se as fases complexadas pela matéria orgânica, reduzindo os valores trocáveis (García-Rodeja et al., 2004).

O grau incipiente de desenvolvimento pedogenético também é evidenciado pelo índice Ki acima de 3,65 indicando o predomínio de minerais do tipo 2:1 nesses solos, caracterizado por valores de SiO₂ duas vezes maiores que Al₂O₃ (Tabela 4).

Tabela 4. Digestão sulfúrica e extração seletiva na fração terra fina seca ao ar dos solos

Horiz. cm	P ₂ O ₅	Ataque Sulfúrico			Fe ₂ O ₃	(SiO ₂ /Al ₂ O ₃)	(SiO ₂ /R ₂ O ₃)	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Relação
		TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃		Ki	Kr	Oxalato	Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/Fe ₂ O ₃ dit
			g kg ⁻¹					g kg ⁻¹		
Profile 05 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico										
A (0-15)	0,26	8,19	215	95	34	3,84	3,12	4,74	5,35	0,89
Biv (15-42)	0,12	9,91	283	129	46	3,74	3,04	1,98	8,16	0,24
Tr (160-180)	-	-	-	-	-	-	-	2,04	8,18	0,25
Profile 06 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico vertissólico										
A (0-18)	0,76	9,65	225	88	35	4,37	3,48	3,36	7,68	0,44
Biv (18-40)	0,70	11,98	304	142	56	3,65	2,91	3,21	8,85	0,36
Tr (175-205)	-	-	-	-	-	-	-	2,16	13,83	0,16

Tr: corresponde a tradagem.

3.3 Caracterização Mineralógica

Na fração argila quando analisado o pó não orientado, foi observado esmectita, mica, caulinita, quartzo, goethita e hematita em todos os horizontes analisados (Figura 3). A presença marcante de argilominerais 2:1 em ambos os solos, indica o baixo grau pedogenético em diferentes posições da paisagem.

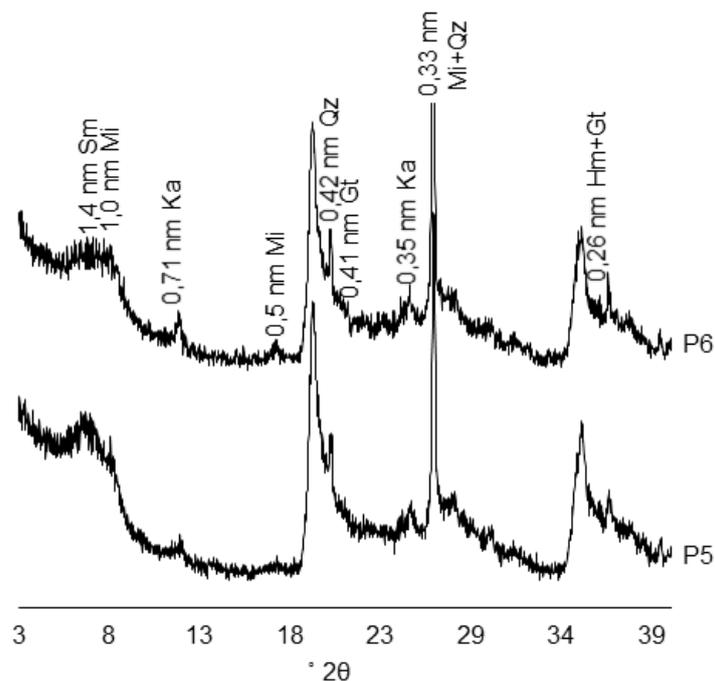


Figura 3. Difratogramas de amostras não orientadas de argila (natural) do horizonte B dos perfis estudados. Sm: esmectita; Mi: mica, Ka: caulinita; Qz: quartzo; Gt: goethita; Hm: hematita. 1: terço superior; 2: terço inferior.

A composição mineralógica após os tratamentos da argila possibilitou identificar esmectita, illita, caulinita e quartzo (Figura 4 e 5). Os dados de mineralogia coincidem com altos valores de Ki observados nesse perfil (Tabela 4) evidenciando o material com presença marcante de esmectita nesses solos (Figuras 5 e 6).

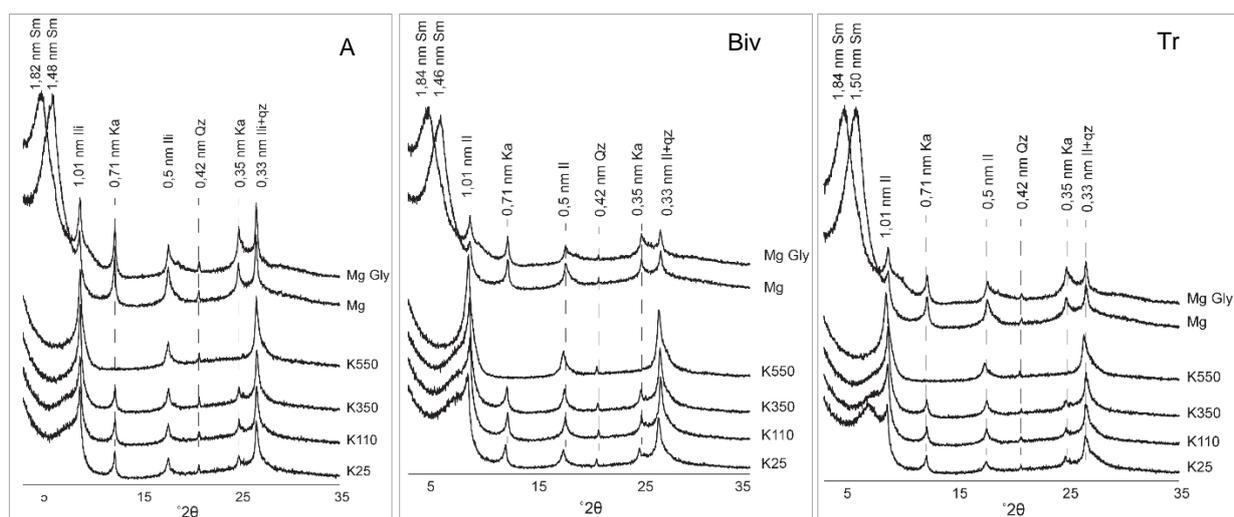


Figura 4. Difratogramas da fração argila dos horizontes A, Bi e camada mais profunda (Tr) do Perfil 5, posição de terço superior. Sm: esmectita; Ka:caulinita; ill:illita; Qz: quartzo.

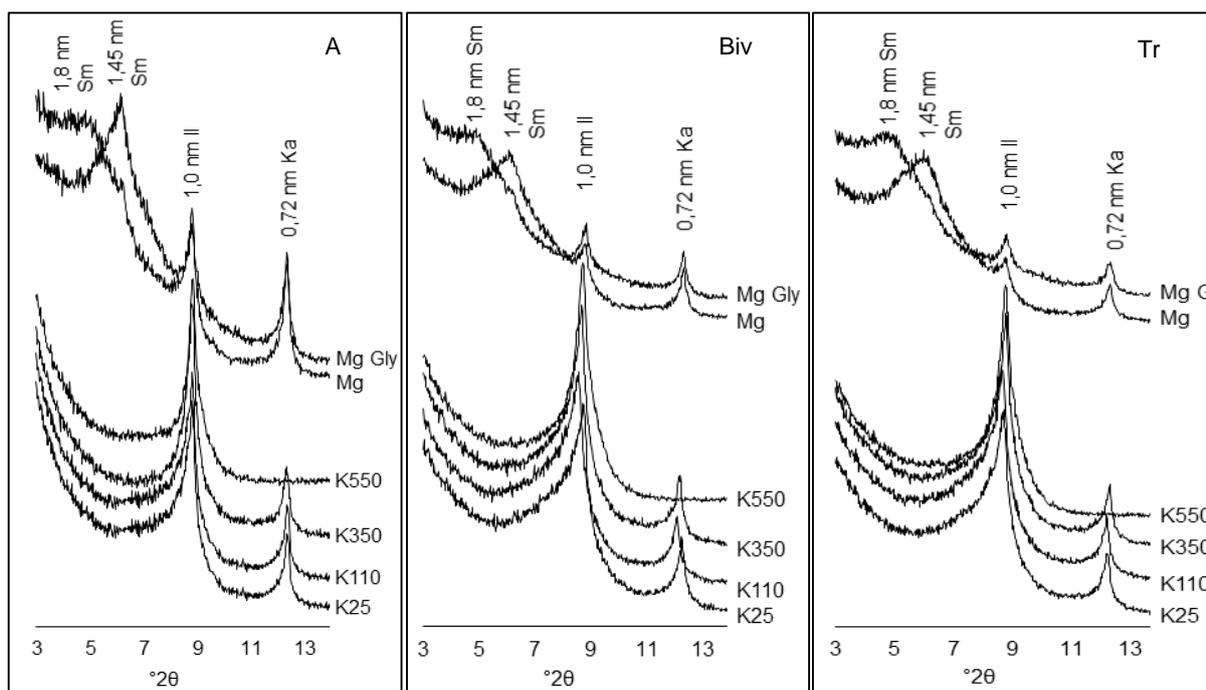


Figura 5. Difratogramas da fração argila dos horizontes A, Bi e e camada mais profunda (Tr) do Perfil 6, posição de terço inferior. Sm: esmectita; Ka: caulinita; Il: ilita; Qz: quartzo.

De uma forma geral observa-se que tanto ao longo dos perfis, como entre perfis há uma homogeneidade na composição mineralógica, sendo que a baixa infiltração de água nos perfis reduz intensamente a perda de bases e sílica ao longo do perfil.

Nas amostras, a caulinita é identificada pelo pico de 0,71 nm (001) e 0,35 nm (002) em amostras saturadas com K25 e o colapso da estrutura no tratamento K550. A ilita é representada pelos picos 1,0 nm (001), 0,5 nm (002) e 0,33 nm (003), enquanto o quartzo pelos picos de 0,42 (001) e 0,33 nm (002) (Figuras 4 e 5).

A esmectita é identificada pelos picos variando entre 1,45 a 1,50 nm nos difratogramas em amostras saturadas com Mg, e posterior expansão para 1,8 nm após solvatação com glicerol. Em amostras saturadas com K, a estrutura tende a colapsar para 1 nm sob temperatura ambiente ou após tratamentos térmicos. No Perfil 5, observa-se a resistência ao colapso de amostras da camada Tr, ocorrendo total colapso apenas no tratamento K550, caracterizando a presença de esmectitas de baixa carga (Velde & Barré, 2010).

Da mesma forma, nos horizontes A e Biv do Perfil 5 as esmectitas também apresentam algum grau de resistência ao colapso no tratamento K25, sugerindo a presença de esmectitas de alta e baixa carga. Esse comportamento não foi observado em amostras do Perfil 6, possivelmente devido à maior presença de esmectitas de alta carga nesse solo.

Visando a melhor caracterização das esmectitas, foi realizado o teste de Greene-Kelly e obtido resultado positivo para presença de esmectitas com carga tetraedral (beidelitas/nontronitas) caracterizadas pela presença dos picos de 1,9 nm (Figura 6 e 7).

Todavia, Malla (2002) resalta que mesmo em testes positivos, em solos ocorrem concomitantemente esmectitas do grupo das montmorilonitas e beidelita/nontronita.

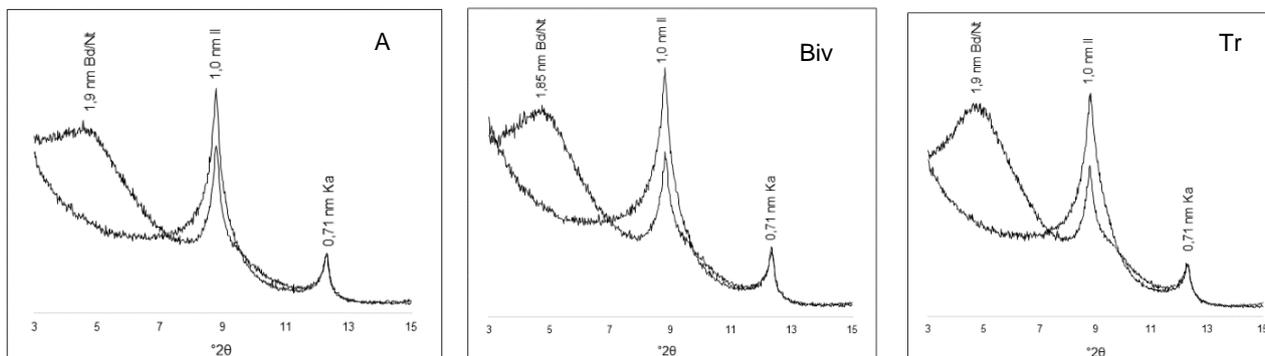


Figura 6. Teste de Greene-Kelly em amostras dos horizontes A, Biv e camada mais profunda (Tr) do Perfil 5, os picos característicos de beidelita/nontronita ocorrem em amostras saturadas com lítio, aquecidas a 270 °C e solvatadas com glicerol. Bd/Nt: beidelita/nontronita; Il: ilita; Ka: caulinita.

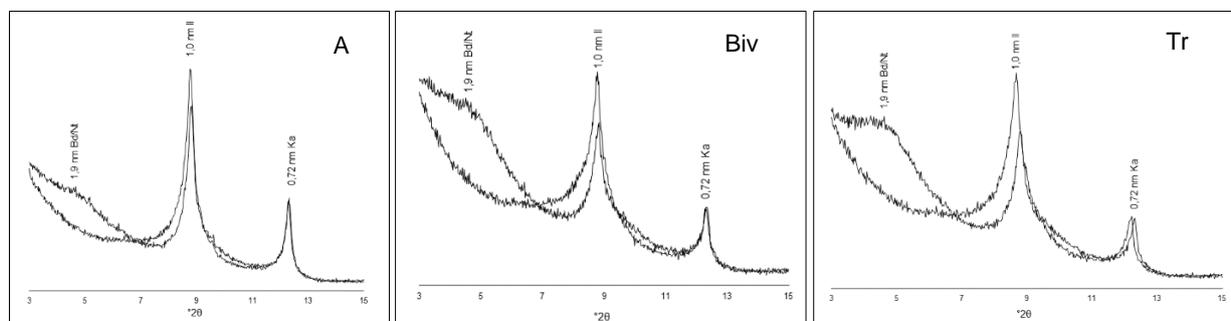


Figura 7. Teste de Greene-Kelly em amostras dos horizontes A, Biv e camada mais profunda (Tr) do Perfil 6, os picos característicos de beidelita/nontronita ocorrem em amostras saturadas com lítio, aquecidas a 270 °C e solvatadas com glicerol. Bd/Nt: beidelita/nontronita; Il: ilita; Ka: caulinita.

De uma forma geral, a presença de esmectitas nesse ambiente é proveniente da rocha sedimentar, rica nesse argilomineral (Maia et al., 1977), bem como da preservação da estrutura desses filossilicatos em ambiente amazônico atual devido à drenagem restrita que proporciona soluções de alta atividade de H_4SiO_4 em que as esmectitas são altamente estáveis (Rai & Kittrick, 1989), retardando o processo de monossilicização nesses solos. Entretanto, o ambiente árido que predominou na Amazônia no quaternário também é um dos fatores que contribuiu para a preservação desses argilominerais em ambiente Amazônico atual (Mayle & Power; Schaefer, 2013).

Conforme observado na mineralogia ao longo dos perfis, os filossilicatos persistem em estádios de pouco intemperismo ao longo de todo o perfil, visto que não há sinais de alteração de argilominerais nas camadas mais profundas em direção ao topo do perfil (Figuras 4 e 5).

CONCLUSÕES

Os solos estudados ao longo de uma topossequência da Formação Solimões Inferior não apresentaram variações quanto às propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas em posições de terço superior e terço inferior;

A baixa taxa de infiltração e drenagem associada ao solo argiloso e da argila de alta atividade predomina tanto nas partes altas quanto naquelas mais baixas do relevo, e possivelmente são os principais fatores que retardam a pedogênese em ambas posições da paisagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. Zoneamento Ecológico-Econômico, fase II. Rio Branco: SEMA, 2006, 354p.

ALMEIDA, J.A. de; CAMPOS, M.L.; FERREIRA, E.R.N.; GATIBONI, L.C. Formas de alumínio em solos do Acre. In: ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S. (Eds). Pesquisas Coligadas da IX Reunião Brasileira de Correlação e Classificação de Solos. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, 154p.

ALMEIDA, B.G. de. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Tese de doutorado). Piracicaba, São Paulo. 103p. 2008

BERNINI, T. de A.; PEREIRA, M.G.; FONTANA, A.; ANJOS, L.H.C. dos; CALDERANO, S.B.; WADT, P.G.S.; MORAES, A.G. de L.; SANTOS, L.L. dos. Taxonomia de solos desenvolvidos sobre depósitos sedimentares da Formação Solimões no Estado do Acre. *Bragantia*, v.72, n.1, p.71-80, 2013.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM BRASIL: Folha SC. 19 Rio Branco. Rio de Janeiro: DNPM. 1976. 464p.

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.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S. de; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. da C. de; Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na região de Humaitá (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.325-336, 2012.

CAVALCANTE, L.M. Aspectos geológicos do estado do Acre e implicações na evolução da paisagem. Embrapa Acre (Documentos, 104). Rio Branco, AC, 2006. 25p.

COCHRANE, T.T.; COCHRANE, T.A.; Diversity of the Land Resources in the Amazonian State of Rondônia, Brazil. *Acta Amazônica*, v.36, n.1, 2006.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997, 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2013, 353p.

GAMA, J.R.N.F.; KIEHL, J.C. Influência do alumínio de um Podzólico Vermelho Amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, 1999.

GARCÍA-RODEJA, E.; NÓVOA, J.C.; PONTEVEDRA, X.; MARTÍEZ-CORTIZASA, A.; BUURMAN, P. Aluminium fractionation of European volcanic soils by selective dissolution techniques. *Catena*, v.56, 2004.

GEE, G.W.; OR, D. Particle size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, C.T. Methods of soil analysis: physical methods. Cap II, p.255-289, SSSA, Madison, 2002. 866p.

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

JACKSON, M.L. Soil chemical analysis: advanced course. 29ed. Madison, University of Wisconsin, 1975. 895p.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In:___KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. cap.VII, p.207-302. Pedologia: fundamentos. Viçosa, MG: SBCS, 2010, p.343.

LEPSCH, I.F. 19 lições de pedologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 456p.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V. de; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, M.N. Mineralogia e química de três solos de uma toposeqüência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, 2006, p.59-68.

MAIA, R.G.N.; GODOY, H.K.; YAMAGUTI, H.S.; MOURA, P.A. de; COSTA, F.S.F. da; HOLANDA, M.A. de; COSTA, J. de A. Projeto carvão no alto Solimões, relatório final. CPRM, 141p, 1977.

MALLA, P.B.; Vermiculites. In:___DIXON, J.B.; SCHULZE, D.G. Soil mineralogy with environmental applications, cap 16, p.501-526. SSSA, Madison, 2002, 866p.

MARQUES, J.J.; TEIXEIRA, W.G.; SCHULZE, D.G.; CURI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. Clay Minerals, v.37, 2002.Doi: 10.1180/0009855023740067.

MAYLE, F.E.; POWER, M.J. Impact of a drier Early-Mid-Holocene climate upon Amazonian forest. Philosophical Transactions of the Royal Society, v.363, p.1829-1838, 2008. Doi: 10.1098/rstb.2007.0019.

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

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clay and clay minerals, v.7, 1960.

MOORE, D.M.; REYNOLDS Jr, R.C. Identification of mixed-layered clay minerals. In:_____ . X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Ed.2. New York: Oxford University Press, 378p.1997.

PEDRON, F. de A.; SAMUEL-ROSA, A.; DALMOLIN, S.D. Variação das características pedológicas e classificação taxonômica de argissolos derivados de rochas sedimentares. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.1-9, 2012.

RAI, D.; KITTRICK, J.A. Mineral equilibria and the soil system. cap.IV, p.163-194. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. Mineral and soil environments, 2ed,1989. 1207p.

ROSOLEN, V.; HERPIN, U. Expansão dos solos hidromórficos e mudanças na paisagem: um estudo de caso na região Sudeste da Amazônia Brasileira. Acta Amazônica, v.38, n.3, p.483 – 490, 2008.SANTOS, D.B. dos; SILVA, L.L. da. O Exogeossinclíneo Andino e a Formação Solimões. Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte. In:___ Maia, R.G.N.; Godoy, H.K.; Yamaguti, H.S.; Moura, P.A. de; Costa, F.S.F. da; Holanda, M.A. de; Costa, J. de A. Projeto carvão no alto Solimões, relatório final. CPRM, 141p, 1977.

SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. dos. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 5. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2005. 92p.

SCHAEFER, C.E.G.R. Clima e paleoclima do Acre: memórias e cenários da aridez quaternária na Amazônia e implicações pedológicas. In__Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S.; LUMBRERAS, J.F.; PEREIRA, M.G. cap.3, p.59-77, Brasília: Embrapa, 2013. 204p.

SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. Soils: genesis and geomorphology. Cambridge, Cambridge University Press, 2005. 791p.

SCHWERTMANN, U., 1964. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Loesung. Z. Pflanzenernaehrung Duengung Bodenk, v.105, p194–202, 1964.

SILVEIRA, M.; SALIMON, C.I. Aspectos gerais da cobertura vegetal do estado do Acre. In__Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S.; LUMBRERAS, J.F.; PEREIRA, M.G. cap.4, p.81-93, Brasília: Embrapa, 2013. 204p.

SOUZA, E.S. de; FERNANDES, A.R.; BRAZ, A.M. de S.; SABINO, L.L.; ALLEONI, L.R.F. Potentially toxic elements (PTEs) in soils from the surroundings of the Trans-Amazonian Highway, Brazil. Environ Monit Assess,v.187, p.6-20. Doi:10.1007/s10661-014-4074-1

TSAI, C.C.; CHEN, Z.S.; KAO, C.I.; OTTNER, F.; KAO, S.J.; ZEHETNER, F. Pedogenic development of volcanic ash soils along a climosequence in Northern Taiwan. Geoderma, v.156, p.48–59, 2010.

VALLADARES, G.S.; BATISTELLA, M.; PEREIRA, M.G. Alterações ocorridas pelo manejo em Latossolo, Rondônia, Amazônia Brasileira. Bragantia, v.70, n.3, 2011.

VELDE, B.; BARRÉ, P. Soil, plants and clay minerals. Berlin: Springer, 2010. 349p.

VIANA, H.M.; KANGUSSU, G.D.; CEDDIA, M.B.; UNTERLINE, B.; ANDRADE, H.M. Granulometria dos solos da IX RCC do acre. In:___ANJOS, L.H.C dos; SILVA, L.M. d; WADT, P.G.S. Guia de campo da IX RCC:guia de campo, p.56-63, 2010. 132p. Rio Branco: SBCS, Embrapa.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS ALÍTICOS EM UMA TOPOSEQUÊNCIA DA FORMAÇÃO SOLIMÕES SUPERIOR, AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

RESUMO

Os solos da Formação Solimões Superior recobrem as posições mais elevadas da paisagem Acreana, esses são reconhecidos pelos elevados valores de alumínio trocável e pela frequente presença de esmectitas em ambiente amazônico. Objetivou-se caracterizar solos ao longo de uma topossequência da Formação Solimões Superior. Para isso foram selecionados perfis localizados no topo de encosta, terço médio e inferior. Foi realizada a caracterização morfológica, caracterização química por meio da determinação de soma de bases, acidez trocável e potencial, fósforo disponível e carbono orgânico; caracterização física envolvendo granulometria, densidade do solo e de partículas; extração seletiva de ferro por ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato de amônio; extração sulfúrica para determinação de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO . O estudo da assembleia mineralógica do solo abrangeu a difração de raios-x para caracterização da fração silte em pó não orientado, fração argila em pó não orientado e lâminas orientadas e submetidas a tratamentos de saturação com cátions e térmicos. Os solos não apresentaram expressivas variações com a mudança de posição na paisagem, sendo classificados no topo como Nitossolo Háplico Alítico típico, no terço médio e inferior encosta como Argissolo Vermelho Alítico nitossólico. As principais variações observadas foram quanto à redução de cátions básicos trocáveis no topo da encosta e acumulação nas partes mais baixas da paisagem, embora possivelmente estão relacionados com composições minerais distintas no topo da encosta, e não com processos de lixiviação. Em relação a mineralogia dos solos, os perfis apresentam composição mineralógica muito semelhante nos horizontes A e B, e foi observada variação na composição mineralógica em alguns horizontes subjacentes, o que pode estar associado à deposição de diferentes tipos de materiais minerais.

Palavras-chave: esmectitas, DRX, solos alíticos.

ABSTRACT

The soils of the Upper Solimões Formation (USF) overlying the highest positions of Acre landscape, they are recognized due the high exchangeable aluminum values and the frequent presence of smectite in Amazon environment. This study aimed to characterize soils along a toposequence in the USF. For that, three profiles were selected located on top of slope, middle and lower third. Was performed the morphological analysis, chemical characterization by determining the sum of bases, and exchangeable acidity potential, available phosphorus and organic carbon; particle size, bulk and particle density; selective extraction of iron by dithionite-citrate-bicarbonate and ammonium oxalate; sulfuric extraction for determination of SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 and TiO . The study of mineral soil assembly included the x-ray diffraction to characterize the silt in non-oriented powder, clay powder in oriented and non-oriented plates and subjected to cation saturation and thermal treatments. The soils showed no significant changes with the change in position in the landscape, being classified in the top as Nitossólo Háplico Alítico típico, while the middle and lower third of slope as Argissolo Vermelho Distrófico abruptico. The main changes were the reduction of basic exchangeable cations at the top and accumulation in the lower parts of the landscape, however probably related to different mineral compositions at the top of the slope, not leaching processes. Regarding the mineralogy of the soil, the profiles have very similar mineralogical composition in A and B horizons, variation was observed in the mineralogical composition of some underlying horizons, which can be associated with the deposition of different types of mineral materials.

Keywords: smectites, XRD, high aluminum values.

1. INTRODUÇÃO

A Formação Solimões Superior constitui as coberturas terciárias de arenito intercalados com camadas de argila branco-avermelhada de origem Pliocênica de origem andina que recobrem parte da paisagem da Amazônia Sul-Occidental. Esta ocupa os topos na paisagem acreeana em áreas de relevo ondulado a forte ondulado (Acre, 2006; Latrubesse et al., 2010). Nos solos desenvolvidos sobre esses sedimentos é frequente a ocorrência do caráter alítico, que está associado à natureza esmectítica dos sedimentos dessa unidade geológica (Anjos et al., 2010). Os períodos de aridez que predominaram na Amazônia durante o holoceno são possivelmente os principais fatores que preservaram a presença de esmectitas nos solos dessa região (Mayle & Power, 2010; Schaefer, 2013).

Os estudos da gênese de solos em topossequências são muito destacados na literatura (Campos et al., 2012; Ferreira et al., 2010; Graham & O'Geen, 2010; Owliaie, 2014), visto que o relevo é um fator de formação do solo essencialmente passivo, mas tem fundamental importância de fornecer energia potencial e cinética através das variações no movimento de água no solo (Schaeztl & Anderson, 2005).

Nas variações da paisagem na Amazônia Sul-Occidental é comum a ocorrência de solos mais evoluídos nos topos da paisagem, como Latossolos Amarelos e predomínio de Neossolos nas posições mais baixas de sopé (Campos et al., 2012; Rososolen & Herpin, 2008).

Desse modo, compreender as variações dos solos na paisagem observando a variação do relevo é essencial para entender como diferentes posições na paisagem podem influenciar na pedogênese dos solos (Kämpf & Curi, 2012; Lepsch, 2011).

A partir dessas constatações, objetivou-se caracterizar solos ao longo de uma topossequência na Formação Solimões Superior na Amazônia Sul-Occidental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 *Descrição da área de estudo e amostragens*

Foram descritos e coletados três perfis de solos em áreas de vegetação natural em um transsecto que abrange as coberturas sedimentares da Formação Solimões Superior. Dessa forma o transsecto está localizado na região do município de Tarauacá no estado do Acre (Figura 1). A descrição dos solos foi realizada conforme Santos et al. (2005), a

determinação de cor pela Munsell Color Chart, e a classificação de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

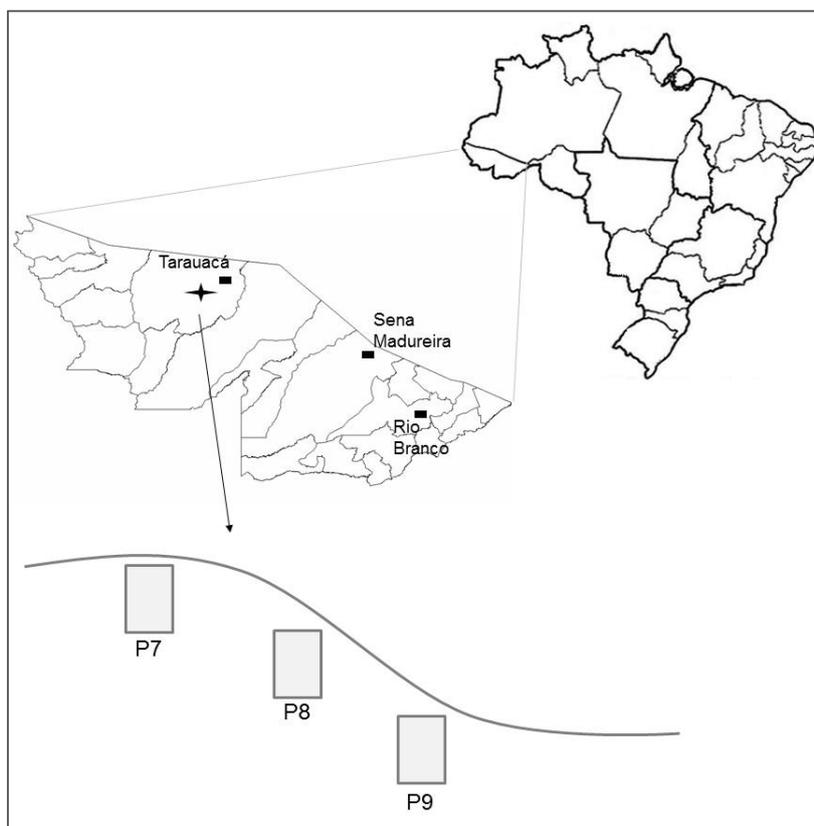


Figura 1. Mapa de localização da área de estudada.

Os solos da área de estudo estão no domínio da Formação Solimões Superior constituída por arenitos intercalados com camadas de argila branco-avermelhada de origem Pliocênica (Acre, 2007; Mota, 2008).

Foi selecionada uma topossequência constituída por três perfis de solo. Na região a vegetação natural predominante é a Floresta Tropical subperenifoila aberta com palmeiras (Silveira & Salimon, 2013). O clima da região é do tipo Am, com estação seca de pequena duração, com temperaturas médias anuais de 24 a 26 °C e umidade relativa do ar de 85 a 90% (Brasil, 1976).

A área de amostragem dos solos na topossequência está localizada às coordenadas 07°54'31"S e 71°35'30,6"W. Nessa sequência o Perfil 7 está situado em posição de topo plano de elevação, altitude de 247 m, o Perfil 8 no terço médio de encosta à 238 m e o Perfil 9 no terço inferior de encosta à 233 m de altitude.

Após coleta de amostras dos horizontes, estas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas utilizando peneira de malha 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) para realização das análises laboratoriais. Adicionalmente, foram coletadas amostras de camadas mais profundas por meio de tradagem (Tr).

2.2 Análises Físicas

A análise textural foi realizada pelo método do hidrômetro utilizando hidróxido de sódio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e Calgon (mistura hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio), a densidade de partícula pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante, enquanto para a densidade do solo foi utilizado o método do anel volumétrico e para algumas amostras o torrão parafinado (Embrapa, 1997; Gee & Or, 2002; Almeida, 2008; Viana et al., 2010).

2.3 Análises Químicas

Seguindo a metodologia de Embrapa (1997, 2009) foi determinado na TFSA o pH em água e KCl 1 mol L^{-1} (proporção solo solução 1:2,5); cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , utilizando KCl 1 mol L^{-1} como extrator e determinação por espectroscopia de absorção atômica (EAA); $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ extraído com acetato de cálcio a pH 7 ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) e determinado por titulometria ($\text{NaOH } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$); carbono orgânico pelo método de Walkley-Black; e K^{+} , Na^{+} , P disponível extraído com solução de Mehlich-3, determinado por fotometria de chama e fósforo por colorimetria.

O ferro extraído pela dissolução seletiva dos óxidos de ferro pedogênicos de alta e baixa cristalinidade e também das fases não-cristalinas da TFSA dos horizontes A, B diagnóstico e tradagem mais profunda (Tr) foi realizada pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato (Mehra & Jackson, 1960; Holgrem, 1967) e oxalato ácido de amônio (pH 3) no escuro (Schwertmann, 1964; McKeague & Day, 1966) e quantificação por AAS.

Para o cálculo de índices de intemperismo K_i e K_r foi realizada a digestão sulfúrica de amostras dos horizontes A e B diagnóstico de todos os perfis, utilizando H_2SO_4 na relação (relação 1:1 com H_2O destilada), determinando a sílica (SiO_2) por gravimetria, alumínio (Al_2O_3) por compleximetria e o Fe_2O_3 pela EAA (Embrapa, 1997).

2.4 Análises Mineralógicas

A difratometria de Raios-X foi realizada nas frações areia, silte e argila dos horizontes A, B diagnóstico e tradagem mais profunda. Foi utilizado um difratômetro Shimadzu 7000 operando com radiação $\text{Cu K}\alpha$ a 40 kV e 30 mA, com monocromador de grafite, com velocidade de $1^\circ \text{ min } 2\theta$, registrando amplitude de 5 a 70° (2θ) que variou de acordo com a fração analisada e o tratamento submetido.

Amostras de silte e argila natural em pó desorientadas foram irradiadas. A argila natural foi submetida a pré-tratamentos para eliminação de matéria orgânica (peróxido de hidrogênio 15%), eliminação de carbonatos (acetato de sódio 1 mol L⁻¹ a pH 5) e remoção de óxidos de ferro com o método ditionito-citrato-bicarbonato, visando a remoção desses agentes cimentantes e flocculantes que interferem na qualidade dos difratogramas gerados.

Parte dessas amostras foram saturadas com KCl 1 mol L⁻¹ e irradiadas a 25 °C, e após aquecimento por 3 horas em tratamentos de 350 e 550 °C e irradiadas novamente. Parte das amostras também foram irradiadas após saturação com MgCl₂ 1 mol L⁻¹ e após solvatação com glicerol. As identificações dos minerais a partir dos espaçamentos interplanares de acordo com os tratamentos empregados foi realizada de acordo com Jackson (1975); Brown & Brindley (1980); Moore & Reynolds Jr (1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização morfológica e física

Nos solos derivados da Formação Solimões Superior houve pouca variação na classificação dos solos, sendo os solos do topo plano classificados como Nitossolo Háplico Alítico típico com sequência A-BA-Bt1-Bt2-BC (P7), e no terço médio e inferior classificados como Argissolo Vermelho Alítico nitossólico, com sequências A-BA-Bt-BC-2C (P8) e A-Bt1-Bt2-BC-C-2Cr (P9) (Figura 2).

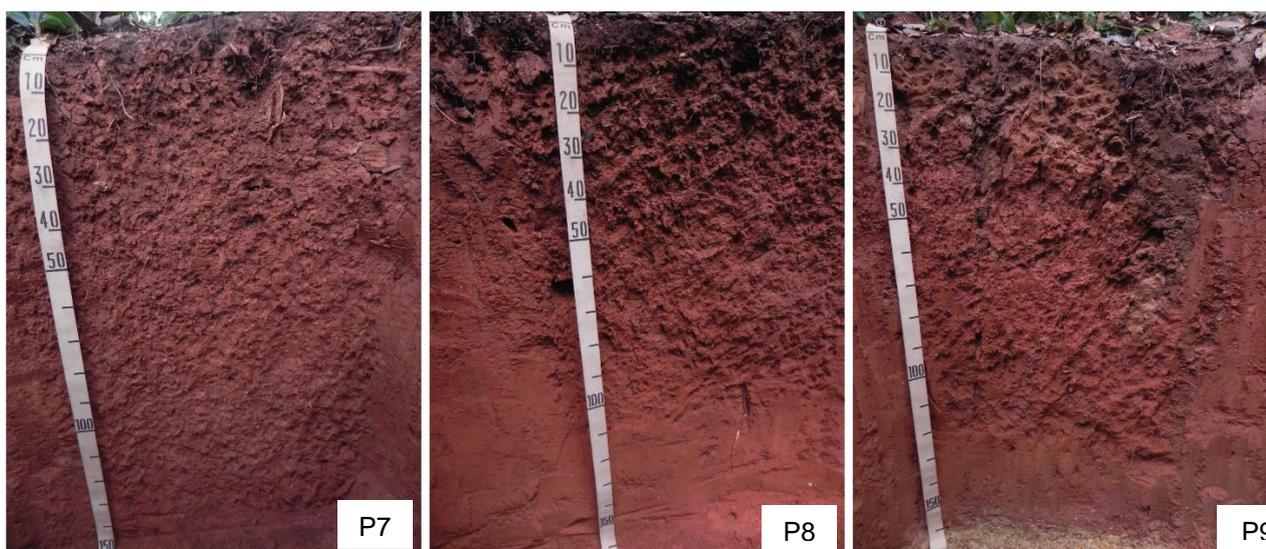


Figura 2. Toposequência estudada na Formação Solimões Superior, os solos foram classificados como Nitossolo Háplico Alítico típico (P7) e Argissolo Vermelho Alítico nitossólico (P8 e P9).

A textura no perfil do topo (P7) foi muito argilosa ao longo do perfil, ocorrendo apenas variação no horizonte BC (Tabela 1). Para os demais perfis observa-se variação de textura no horizonte A, possivelmente em decorrência de processos de argiluviação, e também ocorre aumento nos teores de areia em profundidade, possivelmente devido ao material de origem ser constituído de arenito com intercalação de argila (Acre, 2006). Além disso, foi observado material de granulação mais fina no horizonte 2Cr no terço inferior da encosta (Perfil 9) de constituição argilosa (Tabela 2) e coloração amarelada (Figura 2), possivelmente relacionado a outro depósito sedimentar.

Tabela 1. Caracterização morfológica de solos estudados ao longo da topossequência na Formação Solimões Superior, Amazônia Sul Ocidental

Hor.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	Estrutura	Cerosidade	Consistência (seco, úmido, molhado)	Transição
		Matriz	Mosqueado					
Perfil 07 – Nitossolo Háplico Alítico típico								
A	0-18	7,5YR 4/4	-	argilosa	mod. peq. méd. gran. bl. sub.		mdur. fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BA	18-40	5YR 4/4	-	argilosa	fr. méd. prism.	fraca e comum	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Bt ₁	40-72	2,5YR 4/6	-	muito argilosa	mod. mpeq. a méd. bl. sub. ang.	moderada e abundante	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Bt ₂	72-115	5YR 4/6	-	argilosa	mod. mpeq. a peq. bl. sub. ang.	fraca e comum	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BC	115-150	5YR 4/6	7,5YR 6/4, pou. com. peq. dist.	argilosa	maciça		fri. plást. peg.	-
Perfil 08 - Argissolo Vermelho Alítico nitossólico								
A	0-10	7,5YR 4/4	-	argilosa	mod. peq. a méd. bl. sub. fr. a mod.		fir. plást. peg.	cl. e plan.
BA	10-28	5YR 4/6	-	muito argilosa	peq. a méd. bl. sub.	fraca e comum	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Bt	28-60	2,5YR 4/6	-	muito argilosa	mod. mpeq. a méd. bl. sub.	moderada e abundante	mfir. mplást. mpeg.	dif. e plan.
BC	60-105	2,5YR 4/6	-	muito argilosa	mod. mpeq. a méd. bl. sub. ang.	fraca e comum	fir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
2C	105-150 ⁺	2,5YR 5/8	-	argilosa	mac. mod. coe.		fir. lplást. lpeg.	-
Perfil 09 - Argissolo Vermelho Alítico nitossólico								
A	0-17	7,5YR 4/4	-	argilosa	mac. mod. coe.		mdur. fir. plást. peg.	abr. e plan.
Bt ₁	17-50	2,5YR 4/6	-	argilosa	mod. gran. a mgran. prism.	moderada e abundante	ext. dur. mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
Bt ₂	50-79	2,5YR 4/6	-	muito argilosa	mod. mpeq. a méd. bl. sub. ang. fr. mod.	moderada e abundante	mfir. mplást. mpeg.	grad. e plan.
BC	79-117	2,5YR 4/6	-	argilosa	mpeq. a peq. bl. sub. ang.		fir. plást. mpeg.	grad. e plan.
C	117-147	5YR 4/6	-	argilosa	mac. mod. coe.		fir. plást. peg.	cl. e grad.
2Cr	147-150 ⁺	-	-	-	-		-	-

Peq: pequeno; com: comum; dis: distinto; pou: pouco; mod: moderada; méd; média; gran; grande; mgran: muito grande; peq; pequena; mpeq: muito pequena; fr: fraca; mod: moderada; bl sub: blocos subangulares; bl: blocos; prism: prismática; mac: maciça; coe: coesa; extr dur: extremamente dura; mdur: muito dura; mfir: muito firme; fir: firme; fri: friável; mplást: muito plástica; lplást: ligeiramente plástica; plást: plástica; mpeg: muito pegajosa; lpeg: ligeiramente pegajosa; peg: pegajosa; cl: clara; plan: plana; grad: gradual; abr: abrupta; dif: difusa.

Tabela 2. Caracterização física dos solos estudados ao longo da topossequência

Horiz. cm	AT	AG	AF	Argila g kg ⁻¹	Silte	ADA	GF %	Ds g cm ⁻³	Dp	Silte/Argila	AF/AG	P %
Profile 07 – Nitossolo Háplico Alítico típico												
A (0-18)	301	29	272	493	206	198	60	1,10	2,65	0,42	9,3	59
BA (18-40)	239	14	225	493	268	246	50	1,47	2,65	0,54	16,0	44
Bt1 (40-72)	133	4	129	669	198	287	57	1,28	2,72	0,30	32,2	53
Bt2 (72-115)	209	2	207	579	212	242	58	1,42	2,72	0,37	86,8	48
BC (115-150*)	263	1	262	483	254	163	66	-	2,70	0,53	183,8	-
Profile 08 – Argissolo Vermelho Alítico nitossólico												
A (0-10)	434	186	247	443	123	215	52	1,15	2,56	0,28	1,3	55
BA (10-28)	263	81	182	630	106	308	51	1,41	2,92	0,17	2,3	52
Bt1 (28-60)	225	67	158	668	106	328	51	1,54	2,67	0,16	2,4	42
BC (60-105)	270	96	174	624	107	258	59	1,47	2,72	0,17	1,8	46
2C (105-150*)	580	294	287	362	57	119	67	1,48	2,76	0,16	1,0	46
Profile 09 – Argissolo Vermelho Alítico nitossólico												
A (0-17)	463	162	301	367	170	233	37	1,42	2,67	0,46	1,9	47
Bt1 (17-50)	245	80	165	591	164	414	30	1,68	2,74	0,28	2,1	39
Bt2 (50-79)	275	119	156	638	87	414	35	1,55	2,78	0,14	1,3	44
BC (79-117)	407	207	201	502	91	323	36	1,51	2,78	0,18	1,0	46
C (117-147)	566	244	322	413	22	231	44	1,49	2,94	0,05	1,3	50
2Cr (147-150*)	65	6	59	721	214	361	50	-	2,78	0,30	10,1	-

AT: areia total; AG: areia grossa; AF: areia fina; ADA: argila dispersa em água; GF: grau de flocculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; P: porosidade calculada.

Os Argissolos são frequentes nas áreas de topo aguçados da FSS, constituem resíduos de uma superfície anterior muito desgastada, são frequentemente de textura média/argilosa que decresce em profundidade e tem o arenito exposto à pequena profundidade (Oliveira, 2013). Entretanto nesse trabalho, foi observado a presença de Nitossolo (P7) nessa posição da paisagem.

A estrutura é prismática no horizonte BA do Nitossolo no topo (Perfil 7), e similar nos horizontes subsequentes, e maciça em BC (Tabela 1). Também ocorre estrutura maciça no BC do terço médio, e no horizonte C no terço inferior. De uma forma geral, a presença de estrutura maciça está relacionada com maiores conteúdos de areia (Tabela 2) nesses perfis e ao menor grau de pedogênese, Coelho & Vidal-Torrado, 2003; Mafra et al., 2001 também já observaram tal característica em solos derivados de arenitos.

Da mesma forma, ocorreu estrutura maciça no horizonte A no terço inferior, possivelmente devido à frequente deposição de material proveniente das partes mais altas, não possibilitando o desenvolvimento de estrutura.

A presença de cerosidade em todos os solos da topossequência evidenciam que a migração de argila é ativa nesses solos e portanto, a lessivagem é um dos principais processos de formação de B textural nesses solos.

A consistência predominante foi muito firme, muito plástica e muito pegajosa nos horizontes muito argilosos, enquanto nos horizontes com incremento de areia, a consistência variou de friável a firme, ligeiramente plástica a plástica pegajosa (Tabela 1).

A cor dos solos variou entre vermelho-amarelo (P7 e P8) e vermelho (P9), com matiz de 7,5 YR nos horizontes A, e variando entre 2,5 YR e 5YR nos horizontes subsequentes, o valor 4 predominou nos horizontes enquanto o croma variou de 4 a 8, com um predomínio

de croma 6, portanto predominando coloração vermelho-amarelado no topo de elevação (Perfil 7) e cor vermelha no terço médio e inferior.

A relação AF/AG mostrou diferentes valores ao longo do perfil do topo, e também em relação aos demais perfis (Tabela 2). Andrade et al. (1997) citam que essa relação é utilizada para avaliar a homogeneidade do material de origem, dessa forma possivelmente a composição mineral nesse perfil apresenta distinção em relação aos demais perfis.

O grau de flocculação variou de 50 a 60% nas partes mais elevadas da encosta (Tabela 2), no entanto nesses solos, estes valores associados ao relevo ondulado a forte ondulado da região são suficientes para torná-los altamente suscetíveis à desmoronamentos quando removida a vegetação natural (Wadt et al., 2010).

3.2 Caracterização química e extração seletiva

Na posição do topo, o solo (Perfil 7) apresentou maior acidez, principalmente nos horizontes superficiais, e os valores variaram de 4,33 a 5,4 (Tabela 3). Além disso, observa-se que os solos tornam-se mais menos ácidos nas posições mais baixas da topossequência, no Perfil 8, os valores variam de 4,48 a 5,34 enquanto no Perfil 9 de 5,03 a 5,32.

Tabela 3. Caracterização química de solos estudados ao longo da topossequência

Horiz. cm	pH _{água}	pH _{KCl}	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	CTC	V	m	P mg kg ⁻¹	CO g kg ⁻¹
cmol _c kg ⁻¹														
Perfil 07 – Nitossolo Háplico Alítico típico														
A (0-18)	4,33	3,72	2,76	7,74	1,67	1,61	0,27	0,04	3,60	11,34	31,78	43,44	10,38	14,22
BA (18-40)	4,42	3,56	10,43	13,61	0,63	0,43	0,12	0,02	1,19	14,80	8,06	89,74	7,18	6,56
Bt ₁ (40-72)	4,55	3,50	16,29	21,75	0,44	0,40	0,19	0,04	1,06	22,82	4,66	93,83	6,75	8,12
Bt ₂ (72-115)	4,95	3,58	14,40	20,19	1,18	0,51	0,18	0,04	1,92	22,11	8,68	88,23	6,56	3,64
BC (115-150)	5,40	3,62	13,01	17,97	0,79	0,67	0,16	0,02	1,65	19,62	8,39	88,77	6,37	1,96
Perfil 08 – Argissolo Vermelho Alítico nitossólico														
A (0-10)	5,02	4,50	0,16	4,77	11,13	2,15	0,26	0,04	13,59	18,36	74,02	1,18	10,33	18,51
BA (10-28)	4,48	3,67	6,81	13,78	2,20	1,14	0,27	0,06	3,66	17,44	21,03	65,03	7,58	7,92
Bt ₁ (28-60)	4,82	3,56	10,20	17,04	1,71	0,90	0,18	0,02	2,80	19,85	14,13	78,43	6,79	7,03
BC (60-105)	4,84	3,67	10,09	18,63	1,41	0,50	0,14	0,02	2,07	10,33	19,99	83,00	6,45	5,26
2C (105-150)	5,34	3,80	5,06	8,27	2,68	0,32	0,07	0,01	3,08	21,71	14,10	62,50	0,08	1,44
Perfil 09 – Argissolo Vermelho Alítico nitossólico														
A (0-17)	5,03	4,30	0,30	6,44	4,77	0,98	0,06	ND	5,82	12,26	47,44	4,95	7,56	5,37
Bt ₁ (17-50)	5,17	3,89	2,66	2,95	4,21	2,24	0,12	0,01	6,58	9,53	69,05	28,76	6,78	6,37
Bt ₂ (50-79)	5,32	3,79	8,30	11,64	3,72	1,65	0,12	0,02	5,51	17,15	32,14	60,06	ND	5,32
BC (79-117)	5,08	3,80	7,73	11,15	3,82	0,60	0,10	0,02	4,54	15,69	28,96	62,94	ND	4,57
C (117-147)	5,17	3,87	5,44	7,17	1,77	0,40	0,07	0,01	2,25	9,42	23,90	70,68	ND	2,77
2Cr (147-150+)	5,22	3,61	17,33	22,70	5,14	1,17	0,24	0,04	6,59	29,29	22,49	72,45	ND	1,72

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions a pH 7; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; CO: carbono orgânico.

Notadamente observa-se que as bases trocáveis influenciam nos valores de pH, os teores de cálcio e magnésio trocáveis são mais baixos no topo (Perfil 7), enquanto tendem a aumentar nas posições mais baixas da encosta, com valores mais elevados no terço inferior (Perfil 9) (Tabela 3).

O aumento de cátions básicos trocáveis em posições de topo para a base da encosta é registrado em outros estudos em topossequências (Campos et al., 2012; Nguetnkam & Dultz, 2011), e possivelmente está associado à boa drenagem observada no topo, que favorece a lixiviação desses cátions, no entanto nesse trabalho outras variáveis podem estar envolvidas, destacando-se um material mineral de maior pobreza em bases no topo da encosta, já que relação AF/AG (Tabela 2) mostra que ocorre distinções entre o material do topo para as posições mais baixas.

De forma semelhante, os valores de alumínio também influenciam no pH desses solos, os valores de alumínio trocável e acidez potencial são mais elevados no topo (Perfil 7) e tendem a decrescer no terço superior e inferior, com exceção no horizonte Cr, com valores de 17,33 cmol_c kg⁻¹ de alumínio trocável (Tabela 3). Sobretudo os valores atípicos de alumínio trocável observado nesses solos estão relacionados com processos de desestabilização de argilominerais 2:1 e hidróxi-Al entrecamadas (Gama et al., 1992; Marques et al., 2002).

Os valores de fósforo disponível foram mais elevados no topo e terço da encosta, associado aos maiores valores de carbono orgânico, contrariamente observa-se que no topo inferior ocorrem os menores valores de carbono orgânico concomitante aos menores valores de fósforo disponível. Nesse sentido, Vieira et al. (1993) afirmam que na Amazônia, a principal fonte de fósforo é a matéria orgânica.

Os valores de índice Ki foram maiores ou iguais a 2,60 correspondendo ao predomínio de argilominerais do tipo 2:1 nesses solos (Tabela 4). Também ocorre predomínio de óxidos pedogênicos extraídos pelo DCB, e portanto, óxidos de alta cristalinidade.

Tabela 4. Digestão sulfúrica e extração seletiva na fração terra fina seca ao ar dos solos estudados ao longo da topossequência

Horiz. cm	P ₂ O ₅	Ataque Sulfúrico		Fe ₂ O ₃	(SiO ₂ /Al ₂ O ₃)	(SiO ₂ /R ₂ O ₃)	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Relação	
		TiO ₂	SiO ₂		Ki	Kr	Oxalato	Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/Fe ₂ O ₃ dit	
g kg ⁻¹										
Profile 07 – Nitossolo Háplico Alítico típico										
A (0-18)	0,09	9,34	145	81	28	3,05	2,50	1,67	7,37	0,23
Bt ₁ (40-72)	0,09	12,58	232	151	47	2,60	2,17	3,52	17,33	0,20
Tr (170-200)	-	-	-	-	-	-	-	0,46	8,17	0,06
Profile 08 – Argissolo Vermelho Alítico nitossólico										
A (0-10)	0,11	8,84	127	76	27	2,85	2,32	1,92	5,27	0,36
Bt ₁ (28-60)	0,13	12,79	281	146	56	3,26	2,62	1,91	19,82	0,10
Tr (201-230)	-	-	-	-	-	-	-	1,94	7,91	0,25
Profile 09 – Argissolo Vermelho Alítico nitossólico										
A (0-17)	0,09	8,56	71	32	20	3,75	2,70	2,62	2,44	1,08
Bt ₁ (17-50)	0,11	15,22	205	126	44	2,75	2,25	1,97	18,92	0,10
2Cr (147-150+)	-	-	-	-	-	-	-	1,74	23,54	0,07

Tr: corresponde a tradagem.

3.3 Caracterização Mineralógica

De forma similar as outras propriedades, a composição mineralógica também é muito semelhante na fração argila, quando analisado o pó não orientado foi observado mica, caulinita, quartzo, goethita e hematita (Figura 3).

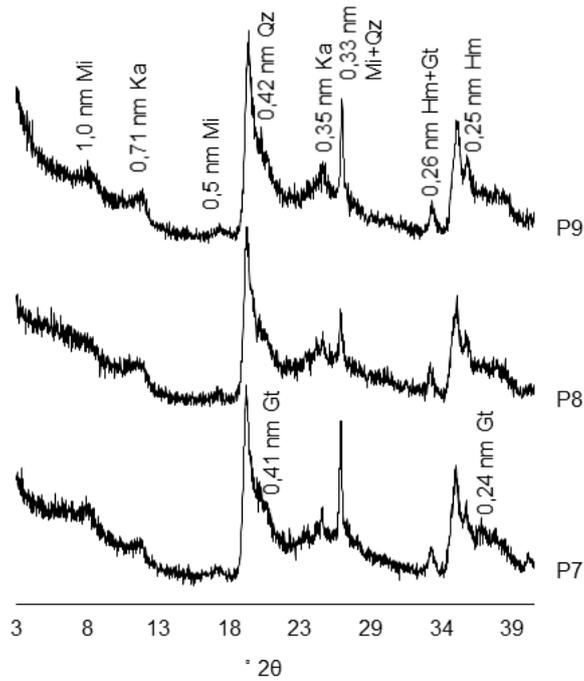


Figura 3. Difratogramas de amostras não orientadas de argila (natural) dos perfis ao longo da topossequência. Sm: esmectita; Mi: mica, Ka: caulinita; Qz: quartzo; Gt: goethita; Hm: hematita.

Nos difratogramas das argilas após os tratamentos, foi possível identificar esmectita, illita, caulinita e quartzo em todos os perfis (Figuras 4, 5 e 6).

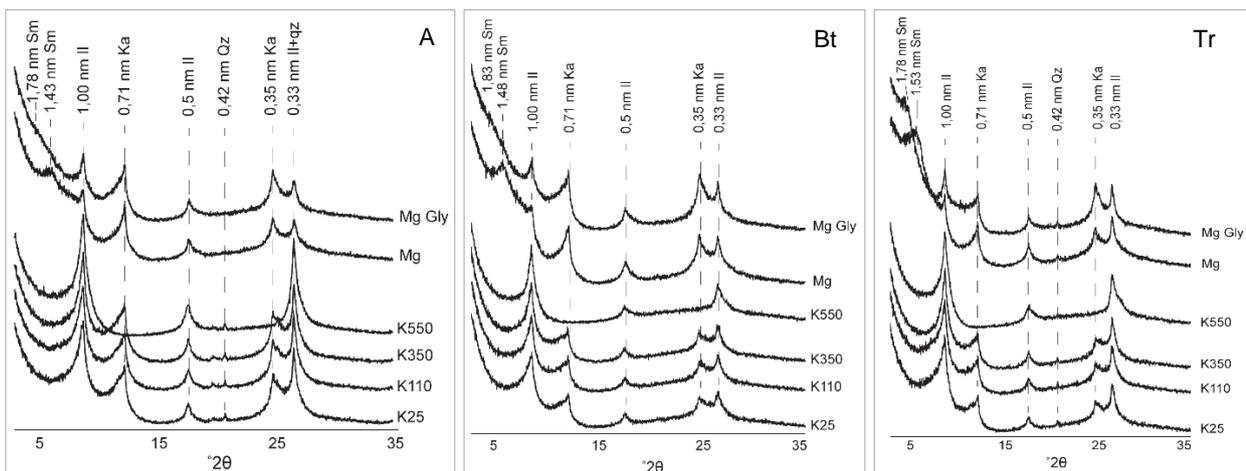


Figura 4. Difratogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Perfil 7, topo de encosta. Sm: esmectita; Il: illita; Ka: caulinita; Qz: quartzo.

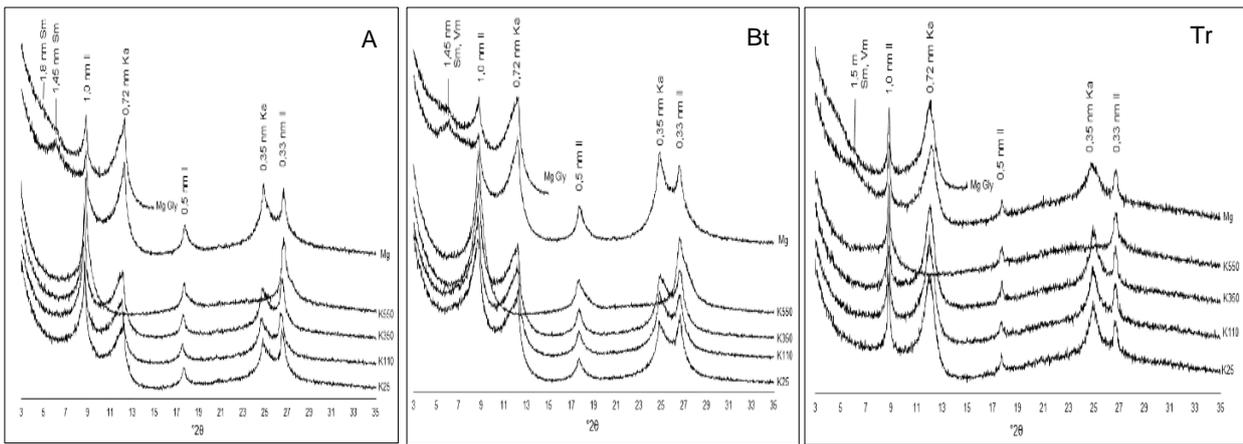


Figura 5. Difratomogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Perfil 8, terço médio de encosta. Sm: esmectita; I:ilita; Ka: caulinita; Qz: quartzo.

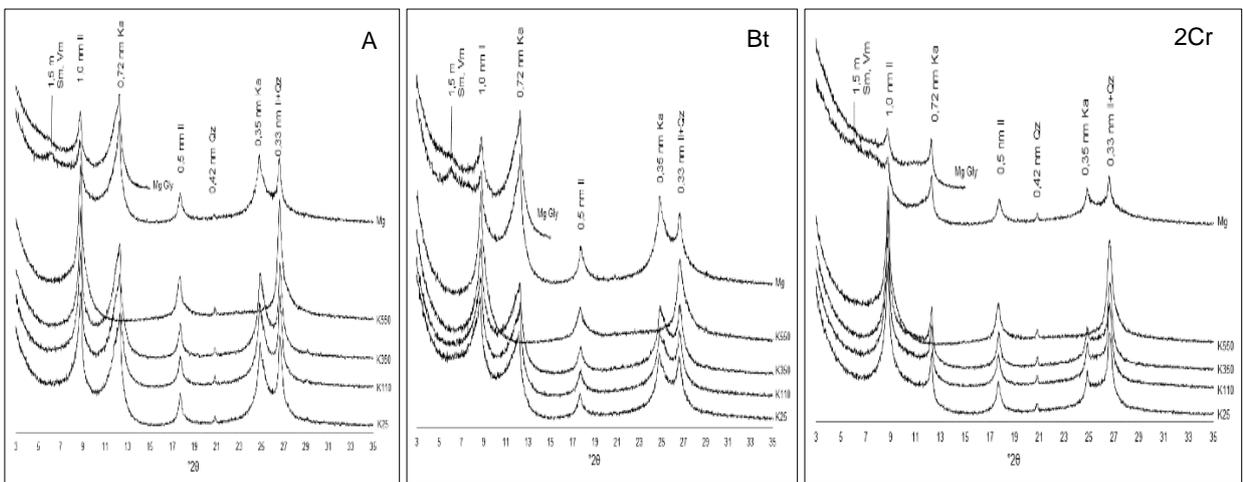


Figura 6. Difratomogramas de amostras orientadas da fração argila dos horizontes do Perfil 9, terço inferior de encosta. Sm: esmectita; Vm: vermiculita; I:ilita; Ka: caulinita; Qz: quartzo.

De uma forma geral caulinita é identificada pelos picos de 0,71 (001) e 035 nm (002) em amostras saturadas com K25 e colapso da estrutura no tratamento K550. A ilita é representada pelos picos 1,0 (001), 0,5 (002) e 0,33 nm (003), enquanto o quartzo pelos picos de 0,42 (001) e 0,33 nm (002).

A esmectita é identificada pelos picos variando entre 1,45 a 1,50 nm nos difratogramas em amostras saturadas com Mg, e posterior expansão para 1,8 nm após solvatação com glicerol. Nas amostras saturadas com K, em todas as amostras ocorreu o colapso da estrutura das esmectitas à temperatura ambiente, provavelmente devido ao baixo conteúdo de esmectitas ou fases de alta carga (Velde & Barré, 2010).

Por outro lado, na sequência de solos observa-se variações nítidas quanto à composição mineralógica nos horizontes e camadas mais profundas analisadas de todos os perfis (Figuras 4,5 e 6).

No Perfil 7 ocorrem esmectita, illita e caulinita ao longo do perfil, entretanto os padrões de difração nos horizontes A e B tem maior semelhança em relação ao padrão em Tr (Figura 8). Na mineralogia do Perfil 8 ocorre principalmente esmectita, caulinita e illita nos horizontes A e Bt (Figura 9), enquanto o Tr apresenta predomínio de illita e pouca esmectita, vale destacar que na morfologia (Tabela 2) foi observado horizontes de materias de origem distintos nessa sequência de solos, assim a mineralogia em maior profundidade possivelmente está associada a uma composição mineralógica distinta no Perfil 8.

Conforme observado na caracterização morfológica (Tabela 1), a composição mineral dos horizontes A e B diagnósticos dos perfis da FSS parecem ser semelhante, dessa forma, observando a mineralogia (Figuras 10, 9 e 8) não ocorrem expressivas variações na composição mineralógica, sugerindo que, mesmo a melhor drenagem observada nesses perfis, ainda não possibilitou intemperismo mais atuante nesses solos, possivelmente associado ao período recente de deposição do sedimento, associado a condições paleoclimáticas áridas (Latrubesse et al., 2010; Mayle & Power, 2010).

De forma semelhante, no Perfil 9 em A e Bt ocorre esmectita, caulinita e mica, no entanto no Cr os picos referentes às esmectitas são muito menores, além disso, ocorre pequena expansão nos picos da caulinita nos tratamentos de solvatação (Figura 10), possivelmente devido à presença de fases interestratificadas.

CONCLUSÕES

Os menores valores de cátions básicos trocáveis observados no topo da encosta em relação aos demais perfis podem estar relacionados com a mistura de materiais minerais, evidenciado pelas relação areia fina e areia grossa.

Nesses solos não ocorrem variações mineralógicas expressivas nos horizontes A e B, que possivelmente está associado aos sedimentos mais recentes além de paleoclimas que preservaram o material mineral.

As variações mineralógicas observadas em profundidade no Perfil 8 estão relacionadas com o depósito de materiais minerais de composição distinta daquelas subjacentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACRE. Zoneamento Ecológico-Econômico, fase II. Rio Branco: SEMA, 2006, 354p.
- ANDRADE, H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; DEMATTÊ, J.L.I.; ANDRADE, F.V. Pedogeomorfologia e micropedologia de uma sequência Latossolo - Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas do estado do Amazonas. *Geonomos*, v.5, p.55-66, 1997.
- ALMEIDA, B.G. de. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Tese de doutorado). Piracicaba, São Paulo. 103p. 2008
- ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S. (Eds). Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Correlação e Classificação de Solos. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, 100p.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM BRASIL: Folha SC. 19 Rio Branco. Rio de Janeiro: DNPM. 1976. 464p.
- 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.
- CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S. de; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. da C. de; Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na região de Humaitá (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.325-336, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997, 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2013, 353p.
- FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: Física do solo (cap.I). Lier, Q.de J. SBCS, 2010. 298p.
- GAMA, J.R.N.F; KUSABA, T.; OTA, T.; AMANO, Y. Influência de material vulcânico em alguns solos do estado do Acre. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.16, 1992.
- GEE, G.W.; OR, D. Particle size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, C.T. *Methods of soil analysis: physical methods*. Cap II, p.255-289, SSSA, Madison, 2002. 866p.
- GRAHAM, R.C.; O'GEEN, A.T. Soil mineralogy trends in California landscapes. *Geoderma*, v.154, p.418–437, 2010.
- HOLMGREN, G.G.S. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.31, 1967, p.210-211.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis: advanced course*. 29ed. Madison, University of Wisconsin, 1975. 895p.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: __KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. cap.VII, p.207-302. *Pedologia: fundamentos*. Viçosa, MG: SBCS, 2010, p.343.

LATRUBESSE, E.M.; COZZUOL, M.; SILVA-CAMINHA, S.A.F. da; RIGSBY, C.A.; ABSY, M.L.; JARAMILLO, C. The Late Miocene paleogeography of the Amazon Basin and the evolution of the Amazon River system. *Earth- Science Reviews*, v.99, p.99 –124, 2010.

LEPSCH, I.F. 19 lições de pedologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 456p.

MARQUES, J.J.; TEIXEIRA, W.G.; SCHULZE, D.G.; CURI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. *Clay Minerals*, v.37, 2002.

MAYLE, F.E.; POWER, M.J. Impact of a drier Early-Mid-Holocene climate upon Amazonian forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v.363, p.1829-1838, 2008. Doi: 10.1098/rstb.2007.0019.

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

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clay and clay minerals*, v.7, 1960.

MOORE, D.M.; REYNOLDS Jr, R.C. Identification of mixed-layered clay minerals. In: ____ . *X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals*. Ed.2. New York: Oxford University Press, 378p.1997.

MOTA, B.M. Proveniência da Formação Içá e de sedimentos do rio Solimões, entre os municípios de Tefé e Manacapuru – Amazonas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, 112f. 2008.

NGUETNKAM, J.P.; DULTZ, S. Soil degradation in Central North Cameroon: Water-dispersible clay in relation to surface charge in Oxisol A and B horizons, *Soil and Tillage Research*, v.113, p.38-47, 2011. Doi: 10.1016/j.still.2011.01.006.

OLIVEIRA, V.A. de. Relações Solo-Paisagem entre os Municípios de Cruzeiro do Sul e Rio Branco, no Estado do Acre. In __Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S.; LUMBREERAS, J.F.; PEREIRA, M.G. cap.6, p.131-145, Brasília: Embrapa, 2013. 204p.

OWLIAIE, H. Soil genesis along a Catena in Southwestern Iran: a micromorphological approach Hamidreza Owliaie. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v.60, n.4, p.471-486, DOI: 10.1080/03650340.2013.796587.

ROSOLEN, V.; HERPIN, U. Expansão dos solos hidromórficos e mudanças na paisagem: um estudo de caso na região Sudeste da Amazônia Brasileira. *Acta Amazônica*, v.38, n.3, p.483 – 490, 2008.

SANTOS, D.B. dos; SILVA, L.L. da. O Exogeossinclíneo Andino e a Formação Solimões. *Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Geologia*, Belo Horizonte. In: __Maia, R.G.N.; Godoy, H.K.; Yamaguti, H.S.; Moura, P.A. de; Costa, F.S.F. da; Holanda, M.A. de; Costa, J. de A. Projeto carvão no alto Solimões, relatório final. CPRM, 141p, 1977.

SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. dos. *Manual de descrição e coleta de solos no campo*. 5. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2005. 92p.

SCHAEFER, C.E.G.R. Clima e paleoclima do Acre: memórias e cenários da aridez quaternária na Amazônia e implicações pedológicas. In__ Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S.; LUMBRERAS, J.F.; PEREIRA, M.G. cap.3, p.59-77, Brasília: Embrapa, 2013. 204p.

SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. Soils: genesis and geomorphology. Cambridge, Cambridge University Press, 2005. 791p.

SCHWERTMANN, U., 1964. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Loesung. Z. Pflanzenernaehrung Duengung Bodenk, v.105, p194-202, 1964.

SILVEIRA, M.; SALIMON, C.I. Aspectos gerais da cobertura vegetal do estado do Acre. In__ Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S.; LUMBRERAS, J.F.; PEREIRA, M.G. cap.4, p.81-93, Brasília: Embrapa, 2013. 204p.

VELDE, B.; BARRÉ, P. Soil, plants and clay minerals. Berlin: Springer, 2010. 349p.

VIANA, H.M.; KANGUSSU, G.D.; CEDDIA, M.B.; UNTERLINE, B.; ANDRADE, H.M. Granulometria dos solos da IX RCC do acre. In:___ANJOS, L.H.C dos; SILVA, L.M. d; WADT, P.G.S. Guia de campo da IX RCC:guia de campo, p.56-63, 2010. 132p. Rio Branco: SBCS, Embrapa.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C.; SILVA JR., M.L.; COUTINHO, R.M.V. Formas de fósforo em solos do Estado do Pará - I - Latossolo Amarelo, textura média da parte Noroeste da Região Bragantina. Boletim da FCAP, v.21, p.65-75, 1993.

WADT, P.G.S. ANJOS, L.H.C. dos; GONÇALVES, H. dos S.; JACOMINE, P.K.T.; COSTA, F. de S. Desafios da IX RCC: Objetivos, Metas e as Expectativas de Usuários do SiBCS. In: Anjos, L.H.C. dos; SILVA, L.M. da; WADT, P.G.S. (Eds). Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Correlação e Classificação de Solos. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, 100p.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste trabalho foi observado variações de solos relacionadas aos contextos geológicos da Bacia Sedimentar do Solimões e da Bacia Sedimentar do Acre.

Os solos desenvolvidos sobre os terraços fluviais e sedimentos aluviais apresentam características semelhantes e grau de intemperismo similar, enquanto o perfil derivado da Formação Içá apresenta maior grau de evolução, devido à melhor drenagem e tempo de exposição dos sedimentos.

Na Formação Solimões, as diferenças entre solos estão relacionadas com os diferentes estratos dessa formação e sobretudo com os distintos materiais minerais que compõem a unidade geológica. Devido a alta restrição à drenagem e infiltração, os solos estudados da Formação Solimões Inferior não apresentam diferenças em suas propriedades ao longo das mudanças na posição da paisagem. De forma contrária, na Formação Solimões Superior as diferenças observadas relacionadas às propriedades químicas e físicas parecem estar relacionadas com as diferentes composições minerais que ocorrem ao longo dos perfis.

Nesse sentido, a separação das frações argila grossa e fina poderão auxiliar no melhor entendimento de processos de transformação de argilominerais nesses solos. Além disso, em razão das fases relacionadas aos interestratificado observadas nesses solos, estudos que melhor identifiquem os filossilicatos associados são necessários, a exemplo de técnicas de decomposição de picos.

APÊNDICE
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 01

DATA: 14.08.2012

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO AMARELO Alumínico plintossólico, textura muito argilosa, A moderado, fase floresta subperenifólia aberta com palmeiras, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Rodovia Transamazônica (BR 230), distando 35 KM de Humaitá, entrada ao lado esquerdo (sentido Humaitá – Lábrea), Humaitá (AM), 07°32'51,8"S E 63°17'55,8"W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL: descrito e coletado sob topo plano de elevação, sob área de floresta tropical secundária, com declive de 0-2,5%.

ALTITUDE: 79 metros.

LITOLOGIA: arenito, argilito, siltito e turfa.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Içá.

CRONOLOGIA: Neógeno, Pleistoceno.

MATERIAL DE ORIGEM: Sedimentos da Formação Içá.

PEDREGOSIDADE: não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: plano.

RELEVO REGIONAL: plano e suave ondulado.

EROSÃO: não aparente.

DRENAGEM: moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta subperenifólia aberta com palmeiras.

USO ATUAL: cultivo de abacaxi, mandioca e sistema agroflorestal.

CLIMA: Am, da classificação de Köppen).

DESCRITO E COLETADO POR: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Delarmelinda, Pedro Raimundo de Araújo, Douglas Marcelo Pinheiro da Silva e Felipe Costa Weckener.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-10 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2 úmido) e bruno (10YR 5/3 seco), argilosa; moderada pequena média e grande blocos subangulares; friável, plástico e pegajosa; transição clara e plana; muitos poros pequenos.

- AB 10–30 cm, bruno-amarelado (10YR 5/6), argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; muitos poros pequenos.
- BA 30–60 cm, bruno-amarelado (10YR 5/8), argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares cerosidade fraca, pouca e comum; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; muitos poros pequenos.
- Bt 60–97 cm, bruno-forte (7,5YR 5/8), muito argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares e angulares cerosidade fraca e abundante; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; muitos poros pequenos.
- Btf 97–180 cm, vermelho (2YR 5/8), mosqueado comum, pequeno e proeminente vermelho escuro (2,5YR 3/6); muito argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares e angulares cerosidade moderada e abundante; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; poros comuns.
- BCf 180–200 cm+, vermelho (2YR 5/8), mosqueado comum, pequeno e proeminente vermelho-escuro (2,5YR 3/6) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4); argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares e angulares moderada e comum; firme, muito plástica e muito pegajosa; poros comuns.

RAÍZES: muitas nos horizontes Ap, AB e BA, comuns no Bt, poucas no Btf e raras no BCf.

Horizonte	Profundidade cm	Composição Granulométrica					ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g kg ⁻¹					%		g cm ⁻³		%	
A	0-10	286	60	226	363	351	253	28	1,04	0,92	2,53	64
AB	10-30	226	38	188	338	436	404	7	0,78	1,36	2,41	44
BA	30-60	188	30	158	230	582	434	25	0,40	1,39	2,47	44
Bt	60-97	149	24	126	224	627	204	68	0,36	1,40	2,80	50
Btf	97-180	110	32	78	265	625	141	78	0,42	1,38	2,88	52
BCf	180-200+	114	37	77	309	577	137	76	0,54	1,44	2,82	49

Hor.	Prof.	pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	CO
		Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
cm		cmol _c kg ⁻¹						%		mg kg ⁻¹		g kg ⁻¹				
A	0-10	4,21	3,81	-0,4	0,31	0,47	0,15	0,03	0,95	4,63	16,08	17,03	5,58	82,98	3,27	32,09
AB	10-30	4,51	3,81	-0,7	0,20	0,29	0,04	0,01	0,54	4,53	9,17	9,71	5,55	89,33	0	9,38
BA	30-60	4,57	3,85	-0,7	0,19	0,08	0,14	0,02	0,44	4,64	8,28	8,72	5,04	91,33	0	6,02
Bt	60-97	4,82	3,88	-1,0	0,19	0,01	0,19	0,02	0,41	5,78	8,08	8,49	4,84	93,36	0	4,13
Btf	97-180	5,81	3,88	-1,9	0,19	0,01	0,05	0,01	0,26	7,10	9,80	10,06	2,55	96,51	0	3,50
BCf	180-200+	5,10	3,82	-1,3	0,21	0,02	0,03	0,01	0,26	6,05	10,88	11,14	2,34	95,85	0	1,12

Horizonte	Digestão Sulfúrica (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ Oxalato	Fe ₂ O ₃ Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/ Fe ₂ O ₃ dit
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃							
		g kg ⁻¹			Ki	Kr	g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
A	113	74	32	2,60	2,03	0,17	7,82	2,07	6,74	0,31
Btf	214	158	57	2,30	1,87	0,06	12,00	0,57	34,07	0,02
Tr (230-250)	-	-	-	-	-	-	-	0,46	34,44	0,01

Tr: corresponde a tradagem.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 02

DATA: 13.08.2012

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO FLÚVICO Alumínico típico, textura argilosa, A moderado, fase campo cerrado, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Área do 54º Batalhão de Infantaria de Selva, Rodovia Transamazônica (BR 230), entrada no KM 5 à direita (sentido Humaitá - Lábrea); Humaitá (AM) 07°30'21,2"S e 63°04'55,5"W. 7.50583 S 63.08194 W

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: descrito e coletado em topo plano de elevação muito suave com 2,5% de declividade, sob vegetação de campo cerrado.

ALTITUDE: 58 metros.

LITOLOGIA: areia, silte, argila e cascalho semi-consolidados.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Depósitos de Terraços Aluviais.

CRONOLOGIA: Neógeno, Holoceno.

MATERIAL DE ORIGEM: Sedimentos argilosos.

PEDREGOSIDADE: não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: plano.

RELEVO REGIONAL: plano.

EROSÃO: não aparente.

DRENAGEM: moderado a imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: campo cerrado.

USO ATUAL: campo cerrado.

CLIMA: Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Delarmelinda, Pedro Raimundo de Araújo, Douglas Marcelo Pinheiro da Silva, Felipe Costa Weckener e Magno Almeida de Jesus.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0–13 cm, bruno-amarelado-escuro (7,5 YR 4/4 úmida), bruno-claro (7,5 YR 6/4, seca); média; maciça coesa; extremamente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e ondulada, poucos poros.

- BAc 13–30 cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8), mosqueado pouco, pequeno e proeminente bruno avermelhado (2,5YR 4/4); argilosa; partes maciças e partes coesas pequena a média blocos subangulares e angulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; poucos poros.
- Bi 30–65 cm, vermelho (2,5YR 5/8); argilosa; moderada a forte muito pequena e pequena blocos subangulares e angulares cerosidade fraca e comum; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; poros comuns.
- BC 65–93 cm, vermelho (2,5YR 4/8), mosqueado abundante, pequeno e médio amarelo (10YR 7/6); argilosa; fraca a moderada pequena e média proeminente blocos subangulares e angulares; extremamente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; poros comuns.
- Cf₁ 93–140 cm, vermelho (2,5YR 4/8), argilosa; mosqueado abundante, mosqueado abundante, pequeno e médio proeminente marrom muito pálido (10YR 7/4); fraca pequena e média blocos subangulares e angulares; extremamente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa, transição gradual e plana; poucos poros.
- Cf₂ 140–180 cm+, vermelho (2,5YR 4/8), argilosa; mosqueado abundante, pequeno a médio proeminente marrom muito pálido (10YR 7/3); fraca pequena e média blocos subangulares e angulares; extremamente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa, poucos poros.

RAÍZES: comuns e finas nos horizontes Ap, BAc e raras no BC.

C – Análises Físicas e Químicas

Horizonte	Profundidade cm	Composição Granulométrica					ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g kg ⁻¹					%		g cm ⁻³		%	
A	0-13	318	35	283	359	323	206	36	1,11	1,37	2,58	47
BAc	13-30	261	32	228	369	371	254	31	1,00	1,62	2,80	42
Bi	30-65	264	29	235	315	420	254	39	0,75	1,59	2,78	43
BC	65-93	354	38	316	228	417	186	55	0,55	1,51	2,69	44
Cf1	93-140	378	32	346	252	370	180	51	0,68	1,63	2,76	41
Cf2	140-180+	256	23	233	327	417	106	75	0,78	1,68	2,88	42

Hor.	Prof.	pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	CO
		Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
cm		cmol _c kg ⁻¹						%		mg kg ⁻¹		g kg ⁻¹				
A	0-13	4,79	3,89	-0,9	0,20	0,04	0,06	0,02	0,32	2,83	6,92	7,24	4,47	89,70	0	12,99
BAc	13-30	4,84	3,97	-0,9	0,20	0,02	0,04	0,01	0,27	3,75	5,94	6,21	4,34	93,28	0	4,72
Bi	30-65	4,92	3,88	-1,0	0,22	0,02	0,02	0	0,27	4,23	7,61	7,88	3,42	94,00	0	2,19
BC	65-93	4,87	3,85	-1,0	0,21	0,02	0,02	0	0,26	4,03	7,16	7,41	3,44	94,06	0	1,10
Cf1	93-140	4,96	3,85	-1,1	0,20	0,06	0,02	0	0,28	4,31	7,71	8,00	3,57	93,82	0	1,17
Cf2	140-180+	4,93	3,76	-1,2	0,21	0,09	0,04	0,01	0,35	4,74	9,19	9,55	3,68	93,11	0	1,21

Horizonte	Digestão Sulfúrica (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ Oxalato	Fe ₂ O ₃ Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/ Fe ₂ O ₃ dit
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃							
		g kg ⁻¹			Ki	Kr	g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
A	82	51	22	2,72	2,13	0,06	5,44	1,30	10,65	0,12
Bi	135	97	47	2,37	1,81	0,12	5,84	1,06	20,84	0,05
Tr (180-210)	-	-	-	-	-	-	-	1,52	24,84	0,06

Tr: corresponde a tradagem.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 03

DATA: 15.08.2012

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO FLÚVICO Alumínico típico, A moderado, textura argilo-siltosa, fase floresta tropical subperenifólia aberta com palmeiras, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Rodovia Transamazônica, lado esquerdo (sentido Humaitá - Apuí) após travessia da ponte sobre o Rio Madeira, Humaitá (AM), 07°29'11,5"S e 62°59'07,5"W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: descrito e coletado em superfície plana de várzea alta, área cultivada com frutíferas, com declive de 0-2,5%.

ALTITUDE: 52 metros.

LITOLOGIA: areia, silte, argila e cascalho inconsolidados.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Depósitos Aluvionares.

CRONOLOGIA: Neógeno, Holoceno.

MATERIAL DE ORIGEM: Sedimentos aluviais.

PEDREGOSIDADE: não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: plano.

RELEVO REGIONAL: plano.

EROSÃO: não aparente.

DRENAGEM: moderado a imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifólia aberta com palmeiras.

USO ATUAL: consórcio de mandioca, banana e açaí.

CLIMA: Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Delarmelinda, Pedro Raimundo de Araújo.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0–7 cm, bruno muito claro acinzentado (7,5YR 5/3 úmido) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3 seco), mosqueado pouco, pequeno e distintos bruno-forte (7,5YR 5/6); média; maciça moderada coesa média blocos subangulares; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana; poros comuns.

- AB 7–25 cm, bruno muito claro acinzentado (7,5YR 5/3), mosqueado abundante, pequeno e distinto bruno-forte (7,5YR 5/6); média; maciça coesa; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; poros comuns.
- BA 25–50 cm, bruno-amarelado (10YR 5/6), mosqueado abundante, pequeno e difuso bruno-forte (7,5YR 5/6); argilosa; moderada muito pequena e média blocos angulares; extremamente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; poros comuns.
- Bi 50–90 cm, bruno-amarelado (10YR 5/6), argilosa; moderada muito pequena e média blocos angulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; muitos poros.
- BC 90–153 cm, amarelo (10YR 7/6), argilosa; moderada muito pequena e média blocos angulares; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana; muitos poros.
- C 153–200 cm+, bruno muito claro acinzentado (10YR 7/3), média, maciça, muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES: muitas e finas no horizonte Ap, comuns nos horizontes AB e BA, poucas no Bi e raras no BC e C.

Horizonte	Prof. cm	Composição Granulométrica					ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g kg ⁻¹					%		g cm ⁻³		%	
Ap	0-7	267	16	251	446	287	238	17	1,55	1,31	2,61	50
AB	7-25	226	9	217	438	336	287	15	1,30	1,30	2,63	51
BA	25-50	190	4	186	425	385	349	9	1,11	1,47	2,68	45
Bi	50-90	102	3	99	322	576	150	74	0,56	1,47	2,78	47
BC	90-153	222	6	215	396	382	151	61	1,04	1,50	2,56	41
C	153-200+	70	12	59	596	333	102	69	1,79	1,50	2,80	46

Hor.	Prof. cm	pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	CO
		Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
		cmolc kg ⁻¹				%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹							
Ap	0-7	4,74	3,72	-1,0	0,50	0,14	0,15	0,03	0,82	0,77	8,08	8,90	9,20	48,32	2,75	11,55
AB	7-25	4,71	3,72	-1,0	0,28	0,03	0,05	0,02	0,38	0,99	7,01	7,40	5,18	72,15	0,03	6,30
BA	25-50	4,61	3,73	-0,9	0,21	0,02	0,04	0,01	0,27	1,15	7,78	8,05	3,31	81,14	ND	3,14
Bi	50-90	4,79	3,75	-1,0	0,09	0,08	0,05	0,02	0,24	1,59	9,55	9,79	2,43	86,95	ND	2,10
BC	90-153	5,22	3,87	-1,3	0,20	0,07	0,05	0,03	0,35	1,36	7,91	8,26	4,25	79,41	1,23	1,10
C	153-200+	5,30	3,85	-1,5	0,14	0,06	0,05	0,01	0,26	1,72	8,25	8,51	3,09	86,74	0,95	0,82

Horizonte	Digestão Sulfúrica (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ Oxalato	Fe ₂ O ₃ Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/ Fe ₂ O ₃ dit
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ g kg ⁻¹	Fe ₂ O ₃							
Ap	60	61	18	1,65	1,39	0,16	5,78	5,58	9,39	0,59
Bi	162	143	44	1,93	1,61	0,19	8,37	1,47	37,61	0,04
Tr (220-250)	-	-	-	-	-	-	-	0,95	38,26	0,02

Tr: corresponde a tradagem.

A – DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 04

DATA: 19.08.2012

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia aberta com palmeiras, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Distrito de Nova Califórnia, Município de Porto Velho, RO, 09°46'59,1"S e 66°37'14,8"W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL: Topo plano de platô com declive de 2,5%, área de reserva com exploração coletiva.

ALTITUDE: 189 metros.

LITOLOGIA: pelitos contendo camadas de conchas e linhito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Solimões Inferior.

CRONOLOGIA: Terciário, Paleógeno-Neógeno.

MATERIAL DE ORIGEM: Saprolito das rochas supracitadas.

PEDREGOSIDADE: não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: plano.

RELEVO REGIONAL: suave ondulado.

EROSÃO: não aparente.

DRENAGEM: bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifólia aberta com palmeiras.

USO ATUAL: área de reserva com exploração coletiva.

CLIMA: Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Delarmelinda, Pedro Raimundo de Araújo.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–15 cm, bruno-amarelado-escuro (7,5YR 4/4 úmida) e bruno-forte (7,5YR 4/6 seco), muito argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

- BA 15–40 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6), muito argilosa; moderada muito pequena e média blocos subangulares cerosidade fraca e pouca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw1 40–75 cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8), muito argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares cerosidade pouca e fraca; firme, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw2 75–118 cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8), muito argilosa; fraca a moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; firme, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw3 118–177 cm, vermelho-amarelado (5 YR 5/8), muito argilosa; fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw4 177–200 cm+, vermelho-amarelado (5YR 5/8); muito argilosa; fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES: muitas nos horizontes A, BA e Bw1; comuns nos horizontes Bw2 e Bw3 e poucas no Bw4.

Horizonte	Prof. cm	Composição Granulométrica					ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g kg ⁻¹					%		g cm ⁻³		%	
A	0-15	175	19	155	112	713	470	34	0,16	1,10	2,65	58
BA	15-40	127	9	118	63	810	543	33	0,08	1,19	2,68	56
Bw1	40-75	121	9	111	29	850	105	88	0,03	1,07	2,74	61
Bw2	75-118	115	10	105	30	855	105	88	0,03	1,00	2,76	64
Bw3	118-177	115	17	98	30	855	105	88	0,03	1,02	2,76	63
Bw4	177-200+	105	13	92	0	908	106	88	0,00	0,96	2,82	66

Hor.	Prof. cm	pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	CO
		Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
				cmolc kg ⁻¹				%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹					
A	0-15	4,37	3,86	-0,5	4,05	1,03	0,15	0,02	5,25	0,79	7,98	13,23	39,63	13,19	1,35	21,15
BA	15-40	4,55	3,86	-0,7	3,01	0,20	0,03	0	3,24	1,86	6,40	9,64	33,62	36,44	6,37	10,89
Bw1	40-75	4,73	3,96	-0,8	2,46	0,19	0,01	0,01	2,66	1,49	5,95	8,61	30,87	35,96	6,61	7,75
Bw2	75-118	4,76	3,96	-0,8	2,95	0,12	0,02	0,01	3,09	1,48	6,85	9,94	31,10	32,34	6,50	7,27
Bw3	118-177	4,76	4,02	-0,7	2,44	0,09	0,00	0	2,54	0,77	4,82	7,36	34,48	23,23	6,50	4,87
Bw4	177-200+	4,94	4,14	-0,8	2,41	0,05	0,01	0,03	2,50	0,42	4,12	6,62	37,34	14,91	7,04	4,19

Horizonte	Digestão Sulfúrica (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ Oxalato	Fe ₂ O ₃ Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/ Fe ₂ O ₃ dit
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ g kg ⁻¹	Fe ₂ O ₃							
A	214	201	57	1,81	1,53	0,31	14,10	3,99	36,65	0,11
Bw1	275	268	67	1,74	1,50	0,20	15,77	3,63	41,89	0,09
Bw2	-	-	-	-	-	-	-	1,04	31,27	0,03

A – DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 05

DATA: 21.08.2012

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico, textura muito argilosa, fase Floresta Tropical Subperenifólia com Bambu, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Rodovia BR 364, entrada no KM 34 à esquerda (sentido Rio Branco – Cruzeiro do Sul), Sena Madureira (AC), 09°00'11,4"S e 68°56'53,4"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: terço superior de elevação com declive 3%, floresta secundária com bambu.

ALTITUDE: 191 metros.

LITOLOGIA: argilitos com intercalações de siltitos, arenitos finos, calcários e material carbonoso (linhito), micáceos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Solimões Inferior.

CRONOLOGIA: Neógeno, Mioceno.

MATERIAL DE ORIGEM: saprolito da rocha do embasamento.

PEDREGOSIDADE: não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: suave.

RELEVO REGIONAL: ondulado.

EROSÃO: não aparente.

DRENAGEM: moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifólia com Bambu.

USO ATUAL: Floresta secundária com bambu.

CLIMA: Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Delarmelinda, Pedro Raimundo de Araújo.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0–15 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2 úmido) e bruno-acinzentado (10YR 5/2 seco); argilosa; moderada média e grande blocos subangulares;

extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

- Biv 15–42 cm, bruno (7,5YR 5/4); muito argilosa; fraca grande prismática composta de blocos; cerosidade fraca e comum e superfícies de compressão; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- BC 42–62 cm, bruno-amarelado (10YR 6/4) mosqueado comum, pequeno e distinto vermelho-amarelado (5YR 4/6); muito argilosa; fraca pequena e média blocos angulares; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- C1 62–110 cm, bruno muito claro acinzentado (10YR 7/4) mosqueado abundante, pequeno e proeminente vermelho-amarelado (5YR 4/6); muito argilosa; maciça fraca média blocos angulares; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- C2 110–135 cm+, bruno muito claro acinzentado (10YR 7/3) mosqueado comum, pequeno e distinto vermelho-amarelado (5YR 5/6); argilosa; maciça fraca média blocos angulares; muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES: muitas no horizonte A, comuns em Biv e BC, poucas em C₁ e raras em C₂.

Observações: perfil descrito e coletado muito úmido.

Horizonte	Prof. cm	Composição Granulométrica					ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g kg ⁻¹					%		g cm ⁻³		%	
A	0-15	75	8	67	388	537	194	64	0,72	1,59	2,55	38
Biv	15-42	30	2	28	311	659	284	57	0,47	1,71	2,72	37
BC	42-62	19	1	18	307	674	404	40	0,46	1,63	2,70	40
C1	62-110	21	1	20	354	625	357	43	0,57	1,66	2,71	39
C2	110-135+	82	9	73	328	590	317	46	0,56	1,80	2,72	34

Hor.	Prof. cm	pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	CO
		Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
				cmolc kg ⁻¹				%		mg kg ⁻¹		g kg ⁻¹				
A	0-15	5,87	5,20	-0,6	19,17	1,70	0,78	0,10	21,75	0,68	3,89	25,64	84,82	3,01	15,07	20,07
Biv	15-42	5,76	4,46	-1,2	37,66	7,21	0,34	0,09	45,29	0,59	4,47	49,77	91,01	1,00	9,46	9,82
BC	42-62	5,26	3,64	-1,5	28,79	6,41	0,23	0,11	35,53	6,40	12,14	47,67	74,53	14,05	8,65	7,28
C1	62-110	5,34	3,56	-1,9	13,86	4,14	0,20	0,19	18,39	12,82	19,12	37,51	49,03	41,08	7,76	4,36
C2	110-135+	5,66	3,61	-2,1	11,53	7,20	0,18	0,44	19,34	7,51	11,99	31,33	61,72	24,00	7,70	2,81

Horizonte	Digestão Sulfúrica (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ ox/	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					Oxalato	Ditionito	Fe ₂ O ₃ dit	
		g kg ⁻¹			Ki	Kr	g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		
A	215	95	34	3,84	3,12	0,26	8,19	4,74	5,35	0,89	
Biv	283	129	46	3,74	3,04	0,12	9,91	1,98	8,16	0,24	
Tr (160-180)	-	-	-	-	-	-	-	2,04	8,18	0,25	

Tr: corresponde a tradagem.

A – DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 06

DATA: 21.08.2012

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico, textura muito argilosa, fase Floresta Tropical Subperenifólia com Bambu, relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Rodovia BR 364, entrada no KM 34 à esquerda (sentido Rio Branco – Cruzeiro do Sul), Sena Madureira (AC), 09°00'11,4"S e 68°56'53,4"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: terço inferior de elevação com declive 8%, floresta secundária com bambu.

ALTITUDE: 182 metros.

LITOLOGIA: argilitos com intercalações de siltitos, arenitos finos, calcários e material carbonoso (linhito), micáceos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Solimões Inferior.

CRONOLOGIA: Neógeno, Mioceno.

MATERIAL DE ORIGEM: saprolito da rocha do embasamento.

PEDREGOSIDADE: não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: ondulado.

RELEVO REGIONAL: ondulado.

EROSÃO: laminar ligeira.

DRENAGEM: imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifólia com Bambu.

USO ATUAL: Floresta secundária com bambu.

CLIMA: Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Delarmelinda, Pedro Raimundo de Araújo.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0–18 cm, bruno (10YR 4/3); argilosa; fraca moderada média blocos subangulares; muito dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Biv 18–40 cm, bruno-escuro (7,5YR 4/6); argilosa; fraca moderada a forte pequena e média blocos subangulares; cerosidade fraca e abundante e superfícies de compressão; muito dura a firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

BC 40–78 cm, bruno-amarelado-claro (10YR 6/4) mosqueado abundante, pequeno e proeminente bruno-avermelhado (5YR 5/4); muito argilosa; fraca a moderada pequena e média blocos angulares; muito dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

C 78–150 cm, bruno-avermelhado-claro (2,5YR 6/3); muito argilosa; maciça fraca pequena e média blocos angulares; muito dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES: muitas no horizonte A e Biv, comuns no BC e poucas no C₁.

Observação: perfil descrito e coletado muito úmido.

Horizonte	Prof. cm	Composição Granulométrica					ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g kg ⁻¹					%		g cm ⁻³		%	
A	0-18	73	21	52	435	491	281	43	0,89	1,37	2,58	47
Biv	18-40	49	22	27	358	593	342	42	0,60	1,61	2,65	39
BC	40-78	51	26	25	335	615	327	47	0,54	1,62	2,70	40
C	78-150+	45	22	23	342	613	307	50	0,56	1,77	2,48	29

Hor.	Prof. cm	pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	CO
		Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
		cmol _c kg ⁻¹				%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹							
A	0-18	5,38	4,49	-1,0	23,03	4,26	0,17	0,05	27,50	0,94	5,79	33,30	82,60	3,31	9,08	19,20
Biv	18-40	5,01	3,69	-1,4	24,52	4,25	0,19	0,09	29,05	6,78	11,85	40,90	71,03	18,93	8,65	9,23
BC	40-78	5,41	3,66	-1,8	19,46	5,33	0,17	0,17	25,14	12,46	17,58	42,72	58,82	33,15	1,11	4,19
C	78-150+	5,67	3,62	-2,1	16,47	6,79	0,19	0,43	23,88	10,36	14,60	38,48	61,93	30,41	8,21	3,79

Horizonte	Digestão Sulfúrica (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ Oxalato	Fe ₂ O ₃ Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/ Fe ₂ O ₃ dit
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ g kg ⁻¹	Fe ₂ O ₃							
A	225	88	35	4,37	3,48	0,76	9,65	3,36	7,68	0,44
Biv	304	142	56	3,65	2,91	0,70	11,98	3,21	8,85	0,36
Tr (175-205)	-	-	-	-	-	-	-	2,16	13,83	0,16

Tr: corresponde a tradagem.

A – DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 07

DATA: 22.08.2012

CLASSIFICAÇÃO: NITOSSOLO HÁPLICO Alítico típico, textura argilosa, fase Floresta Tropical Subperenifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Rodovia BR 364, entrada no KM 100 à direita (sentido Rio Branco – Cruzeiro do Sul), Tarauacá (AC), 07°54'31"S e 71°35'30,6"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: topo plano de elevação, com declive 2%, floresta tropical subperenifólia.

ALTITUDE: 247 metros.

LITOLOGIA: argilitos intercalados com arenitos compactos de ambiente fluvial meandrante.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Solimões Superior.

CRONOLOGIA: Neógeno, Plioceno.

MATERIAL DE ORIGEM: saprolito do argilito.

PEDREGOSIDADE: não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: plano.

RELEVO REGIONAL: ondulado.

EROSÃO: não aparente.

DRENAGEM: bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL: área de floresta preservada.

CLIMA: Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Delarmelinda, Pedro Raimundo de Araújo.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–18 cm, bruno (7,5YR 4/4); argilosa; moderada pequena e média grande blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

- BA 18-40 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4); argilosa, fraca média prismática cerosidade fraca e comum; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- Bt₁ 40–72 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6); muito argilosa; moderada muito pequena e média blocos subangulares, cerosidade moderada e abundante; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- Bt₂ 72–115 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6); argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares, cerosidade fraca e comum; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- BC 115 – 150 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6) mosqueado pouco e comum, pequeno e distinto bruno-claro (7,5YR 6/4); argilosa; maciça; friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES: muitas nos horizontes A e BA, comuns no Bt₁ e poucas no Bt₂ e BC.

Horizonte	Prof. cm	Composição Granulométrica					ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g kg ⁻¹					%		g cm ⁻³		%	
A	0-18	301	29	272	206	493	198	60	0,42	1,10	2,65	59
BA	18-40	239	14	225	268	493	246	50	0,54	1,47	2,65	44
Bt1	40-72	133	4	129	198	669	287	57	0,30	1,28	2,72	53
Bt2	72-115	209	2	207	212	579	242	58	0,37	1,42	2,72	48
BC	115-150+	263	1	262	254	483	163	66	0,53	-	2,70	

Hor.	Prof. cm	pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	CO
		Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
		cmol _c kg ⁻¹				%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹							
A	0-18	4,33	3,72	-0,6	1,67	1,61	0,27	0,04	3,60	2,76	7,74	11,34	31,78	43,44	10,38	14,22
BA	18-40	4,42	3,56	-0,8	0,63	0,43	0,12	0,02	1,19	10,43	13,61	14,80	8,06	89,74	7,18	6,56
Bt1	40-72	4,55	3,50	-1,0	0,44	0,40	0,19	0,04	1,06	16,29	21,75	22,82	4,66	93,83	6,75	8,12
Bt2	72-115	4,95	3,58	-1,3	1,18	0,51	0,18	0,04	1,92	14,40	20,19	22,11	8,68	88,23	6,56	3,64
BC	115-150+	5,40	3,62	-1,7	0,79	0,67	0,16	0,02	1,65	13,01	17,97	19,62	8,39	88,77	6,37	1,96

Horizonte	Digestão Sulfúrica (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ Oxalato	Fe ₂ O ₃ Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/ Fe ₂ O ₃ dit
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ g kg ⁻¹	Fe ₂ O ₃							
A	145	81	28	3,05	2,50	0,09	9,34	1,67	7,37	0,23
Bt1	232	151	47	2,60	2,17	0,09	12,58	3,52	17,33	0,20
Tr (170-200)	-	-	-	-	-	-	-	0,46	8,17	0,06

Tr: corresponde a tradagem.

A – DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 08

DATA: 22.08.2012

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO Alítico nitossólico, textura muito argilosa, fase Floresta Tropical Subperenifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Rodovia BR 364, entrada no KM 100 à direita (sentido Rio Branco – Cruzeiro do Sul), Sena Madureira (AC), 07°54'31,4"S e 71°35'31,6"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: terço médio de encosta, com declive de 25 a 30%, floresta tropical subperenifólia.

ALTITUDE: 238 metros.

LITOLOGIA: argilitos intercalados com arenitos compactos de ambiente fluvial meandrante.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Solimões Superior.

CRONOLOGIA: Neógeno, Plioceno.

MATERIAL DE ORIGEM: saprolito

PEDREGOSIDADE: não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: forte ondulado.

RELEVO REGIONAL: ondulado.

EROSÃO: laminar ligeira a moderada.

DRENAGEM: moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL: área de floresta preservada.

CLIMA: Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Delarmelinda, Pedro Raimundo de Araújo.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–10 cm, bruno (7,5YR 4/4); argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares; firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- BA 10–28 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6); muito argilosa; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

- Bt 28–60 cm, vermelho (2,5YR 4/6); muito argilosa; moderada muito pequena e média blocos subangulares cerosidade moderada e abundante; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.
- BC 60–105 cm, vermelho (2,5YR 4/6); muito argilosa; moderada muito pequena e média blocos subangulares e angulares cerosidade fraca e comum; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- 2C 105–150 cm+, vermelho (2,5YR 5/8); argilosa, maciça moderada coesa; firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES: muitas nos horizontes A e BA, comuns no Bt₁ e poucas no BC e 2C.

Horizonte	Prof. cm	Composição Granulométrica					ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g kg ⁻¹					%		g cm ⁻³		%	
A	0-10	434	186	247	123	443	215	52	0,28	1,15	2,56	55
BA	10-28	263	81	182	106	630	308	51	0,17	1,41	2,92	52
Bt	28-60	225	67	158	106	668	328	51	0,16	1,54	2,67	42
BC	60-105	270	96	174	107	624	258	59	0,17	1,47	2,72	46
2C	105-150	580	294	287	57	362	119	67	0,16	1,48	2,76	46

Hor.	Prof. cm	pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	CO
		Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
						cmolc kg ⁻¹				%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			
A	0-10	5,02	4,50	-0,6	11,13	2,15	0,26	0,04	13,59	0,16	4,77	18,36	74,02	1,18	10,33	18,51
BA	10-28	4,48	3,67	-0,8	2,20	1,14	0,27	0,06	3,66	6,81	13,78	17,44	21,03	65,03	7,58	7,92
Bt	28-60	4,82	3,56	-1,2	1,71	0,90	0,18	0,02	2,80	10,20	17,04	19,85	14,13	78,43	6,79	7,03
BC	60-105	4,84	3,67	-1,2	1,41	0,50	0,14	0,02	2,07	10,09	18,63	10,33	19,99	83,00	6,45	5,26
2C	105-150	5,34	3,80	-1,6	2,68	0,32	0,07	0,01	3,08	5,06	8,27	21,71	14,10	62,50	0,08	1,44

Horizonte	Digestão Sulfúrica (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ Oxalato	Fe ₂ O ₃ Ditionito	Fe ₂ O ₃ ox/ Fe ₂ O ₃ dit
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ g kg ⁻¹	Fe ₂ O ₃							
A	127	76	27	2,85	2,32	0,11	8,84	1,92	5,27	0,36
Bt	281	146	56	3,26	2,62	0,13	12,79	1,91	19,82	0,10
Tr (201-230)	-	-	-	-	-	-	-	1,94	7,91	0,25

Tr: corresponde a tradagem.

A – DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 09

DATA: 22.08.2012

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO Alítico nitossólico, textura argilosa, fase Floresta Tropical Subperenifólia, relevo suave.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Rodovia BR 364, entrada no KM 100 à direita (sentido Rio Branco – Cruzeiro do Sul), Sena Madureira (AC), 07°54'31,8"S e 71°35'32"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: terço inferior de encosta, com declive de 3%, floresta tropical subperenifólia.

ALTITUDE: 233 metros.

LITOLOGIA: argilitos intercalados com arenitos compactos de ambiente fluvial meandrante.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Solimões Superior.

CRONOLOGIA: Neógeno, Plioceno.

PEDREGOSIDADE: não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: ondulado.

EROSÃO: laminar ligeira.

DRENAGEM: moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL: área de floresta preservada.

CLIMA: Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Delarmelinda, Pedro Raimundo de Araújo.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0–17 cm, bruno (7,5YR 4/4); argilosa; maciça moderada coesa; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição abrupta e plana.
- Bt1 17–50 cm, vermelho (2,5YR 4/6); argilosa; moderada grande e muito grande prismática cerosidade moderada e abundante; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

- Bt2 50–79 cm, vermelho (2,5YR 4/6); muito argilosa; moderada muito pequena e média blocos subangulares cerosidade moderada e abundante; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- BC 79–117 cm, vermelho (2,5YR 4/6); argilosa; fraca moderada muito pequena e pequena blocos subangulares e angulares fraca e pouca; firme, plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- C 117–147 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6); argilosa; maciça moderada coesa; firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- Cr 147–150 cm+.

RAÍZES: muitas no horizonte A, comuns no Bt₁, Bt₂ e BC, e poucas no horizonte C.

Horizonte	Prof. cm	Composição Granulométrica					ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g kg ⁻¹					%		g cm ⁻³		%	
A	0-17	463	162	301	170	367	233	37	0,46	1,42	2,67	47
Bt1	17-50	245	80	165	164	591	414	30	0,28	1,68	2,74	39
Bt2	50-79	275	119	156	87	638	414	35	0,14	1,55	2,78	44
BC	79-117	407	207	201	91	502	323	36	0,18	1,51	2,78	46
C	117-147	566	244	322	22	413	231	44	0,05	1,49	2,94	50
Cr	147-150+	65	6	59	214	721	361	50	0,30	-	2,78	

Hor.	Prof. cm	pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	CO
		Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
				cmolc kg ⁻¹				%		mg kg ⁻¹		g kg ⁻¹				
A	0-17	5,03	4,30	-0,7	4,77	0,98	0,06	ND	5,82	0,30	6,44	12,26	47,44	4,95	7,56	5,37
Bt1	17-50	5,17	3,89	-1,3	4,21	2,24	0,12	0,01	6,58	2,66	2,95	9,53	69,05	28,76	6,78	6,37
Bt2	50-79	5,32	3,79	-1,5	3,72	1,65	0,12	0,02	5,51	8,30	11,64	17,15	32,14	60,06	0	5,32
BC	79-117	5,08	3,80	-1,3	3,82	0,60	0,10	0,02	4,54	7,73	11,15	15,69	28,96	62,94	0	4,57
C	117-147	5,17	3,87	-1,3	1,77	0,40	0,07	0,01	2,25	5,44	7,17	9,42	23,90	70,68	0	2,77
Cr	147-150+	5,22	3,61	-1,6	5,14	1,17	0,24	0,04	6,59	17,33	22,70	29,29	22,49	72,45	0	1,72

Horizonte	Digestão Sulfúrica (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ Oxalato	Fe ₂ O ₃ Ditionito	Fe ₂ O ₃ Ox/ Fe ₂ O ₃ dit
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ g kg ⁻¹	Fe ₂ O ₃							
				Ki	Kr	g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		
A	71	32	20	3,75	2,70	0,09	8,56	2,62	2,44	1,08
Bt1	205	126	44	2,75	2,25	0,11	15,22	1,97	18,92	0,10
Cr	-	-	-	-	-	-	-	1,74	23,54	0,07

