

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA PPG - ASA



CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS, QUÍMICAS E FÍSICAS
DE SOLOS COM HORIZONTE PLÍNTICO
NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA – AM

CIRA HORTENSIA PÉREZ GARCIA

MANAUS
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA PPG - ASA

CIRA HORTENSIA PÉREZ GARCÍA

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS, QUÍMICAS E FÍSICAS
DE SOLOS COM HORIZONTE PLÍNTICO
NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA – AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia, área de concentração em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima

MANAUS
2008

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAM

G216c García, Cira Hortênsia Pérez
Características mineralógicas, químicas e físicas de solos com horizonte plúntico no município de Iranduba-AM / Cira Hortênsia Pérez García. - Manaus, AM : UFAM, 2008.
95 f.: il. color; 30 cm

Inclui referências.

Dissertação (Mestre em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia). Universidade Federal do Amazonas. Orientador: Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima.

1. Solos – Iranduba (AM) 2. Química do solo - Iranduba (AM) 3. Solos - Análise I. Lima, Hedinaldo Narciso (Orient.) II. Título

CDU (2007): 631.41(811.3)(043.3)

CIRA HORTENSIA PÉREZ GARCIA

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS, QUÍMICAS E FÍSICAS
DE SOLOS COM HORIZONTE PLÍNTICO
NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA – AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia, área de concentração agroecologia.

Aprovada em 19 de junho de 2008

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Wenceslau Geraldtes Teixeira, Membro
Embrapa Amazônia Ocidental

Profa. Dra. Adriana Maria Coimbra Horbe, Membro
Universidade Federal do Amazonas

Aos meus pais;
Onelio Pérez "*In Memoriam*" e Olga Garcia.
Aos meus irmãos e às minhas irmãs.
Aos meus Sobrinhos e sobrinhas.

DEDICO.

Ao meu marido José Francisco.
Às minhas filhas Yenly e Lissett.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Amazonas, pela oportunidade.

Ao meu orientador, Dr. Hedinaldo Narciso Lima, que me despertou para o tema deste trabalho, e por me aceitar como orientada, e ao meu co-orientador, Dr. Wenceslau Teixeira. Agradeço-os pelas acertadas orientações, pelas ferramentas que colocaram em minhas mãos, pelos ensinamentos, pela paciência, pela amizade. Obrigada.

À Fundação de Amparo à pesquisa do estado do Amazonas, FAPEAM, pela concessão da bolsa de estudo.

À Dra. Maria Sílvia de Mendonça Queiroz, pelo incentivo desde minha chegada ao Brasil.

Aos professores do curso de pós-graduação em Agronomia Tropical, que contribuíram a aumentar os conhecimentos na minha formação técnico-profissional.

Ao professor Dr. Genilson do Laboratório de Química da UFAM, ao Marcelo e Ismael do Laboratório de difração de raios-X da UFAM, ao pessoal do Laboratório de solos da Embrapa Ocidental Hilma, Concita, Edilsa, Estevão, Manuel e ao Vitor do Laboratório de Solos da UFAM, pelo grande apoio na realização das diversas análises.

Aos amigos, Sergio Tavares e Rodrigo Santana, pela ajuda na realização do trabalho de campo.

Às amigas, Ângela, Ana, Patrícia, Márcia e Juliana pela acolhida, pelo incentivo, pela força, pela amizade, especificamente a Marta Ayres pela amizade e pela inestimável ajuda durante todos esses anos. A todas elas, sou muito grata.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho;

E especialmente ao meu marido José Francisco, e às minhas filhas Yenly e Lissett, pelo apoio incondicional que sempre encontrei neles, pelo incentivo constante, pela compreensão, carinho e entusiasmo com que acolheram cada passo desta nova etapa.

AGRADEÇO

RESUMO

Características mineralógicas, químicas, físicas e morfológicas foram determinadas em solos com horizonte plântico do município de Iranduba, estado de Amazonas, tais solos foram até então pouco estudados. Foram selecionados quatro perfis representativos da região. Os três primeiros encontram-se situados em áreas de boa drenagem e o perfil quatro, em drenagem deficiente. Com base nas análises de rotina e difratometria de Raios-X, constataram-se diferenças nas características mineralógicas, químicas e físicas entre os solos bem drenados e mal drenado, devido fundamentalmente à diferente atuação da pedogênese. O perfil quatro, ainda está em processo de formação e representa um sistema de remoção e perda de ferro. A fração argila dos bem drenados está composta predominantemente por caulinita. Esta fração no solo mal drenado está composta por caulinita, minerais 2:1 e ausência total de óxidos de ferro. Nas amostras de petroplintitas constatou-se a existência da hematita e a fração areia de todos os solos é composta fundamentalmente por quartzo.

Palavras chave: Plintossolo; Plintita; Solos da Amazônia

ABSTRACT

Mineralogical, chemical, physical and morphological, characteristics were determined in soils with plinthic horizon from Iranduba municipal district Amazonas state. Until now, these soils have been poorly studied. Four representative soil profiles were selected in the region. Three profiles are located in good drain areas, and the last one is located in a deficient drain zone. In base on routine analysis and X-ray diffraction, differentiations on mineralogical, chemical and physical characteristics became evident between good and bad drained soils, due to more intensive pedogenesis action fundamentally in one, two and three profiles. The fourth profile steel on formation process and it represents a system of removal and loss of iron. The argila fraction of the well drained soils it's composed mostly for Kaolinite. The same fraction of bad drained soil it's composed bay kaolinite, minerals 2:1 and totally absence of iron oxides. The existence of hematite was established on petroplintitas samples. The sand's fraction of the studied soils it's essentially composed bay quartz.

Key words: Plinthossols, Plinthites, Amazonia soils.

ÍNDICE

		Página
	RESUMO	Viii
	ABSTRACT	Viii
	LISTA DE FIGURAS	Xiii
	LISTA DE TABELAS	Xv
	INTRODUÇÃO	16
	OBJETIVOS	18
	Geral	18
	Específico	18
1	REVISÃO DE LITERATURA	19
1.1	PLINTOSSOLOS	19
1.1.1	Características Gerais dos Plintossolos	19
1.1.2	Características químicas	21
1.1.3	Características físicas e mineralógicas	22
1.1.4	Características gerais dos Plintossolos Pétricos	22
1.2	SOLOS COM HORIZONTE CONCRECIONÁRIO	23
1.3	ÁREAS DE OCORRÊNCIA DOS PLINTOSSOLOS OU SOLOS COM PLINTITAS	24
1.3.1	Ocorrência de Plintossolos no Brasil	24
1.3.2	Ocorrência de Plintossolos na Amazônia brasileira	25
1.4	APTIDÃO AGRÍCOLA DOS PLINTOSSOLOS OU SOLOS COM CARÁTER PLÍNTICO	25
1.5	CARACTERÍSTICAS E FORMAÇÃO DAS PLINTITAS	26
1.6	CARACTERÍSTICAS DAS PETROPLINTITAS	29

1.7	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	31
1.7.1	DISPERSÃO E FLOCULAÇÃO DE ARGILAS	31
1.7.2	DENSIDADE DO SOLO E DENSIDADE DE PARTÍCULAS	32
2	MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
2.2	SELEÇÃO, CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS, COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS	35
2.3	CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA	36
2.3.1	Difratometria de raios-X	36
2.3.2	Ferro em ditionito e ferro em oxalato	37
2.3.2.1	Ferro em ditionito	37
2.3.2.2	Ferro em oxalato	37
2.3.3	Ataque sulfúrico	38
2.4	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA	39
2.4.1	pH em água e em solução KCl 1mol L ⁻¹	39
2.4.2	Cálcio e magnésio trocáveis	39
2.4.3	Potássio e sódio trocável	39
2.4.4	Alumínio trocável	39
2.4.5	Acidez potencial	40
2.4.6	Fósforo assimilável	40
2.4.7	Carbono orgânico total	40
2.5	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA	40
2.5.1	Composição granulométrica	40
2.5.2	Densidade do solo	41
2.5.3	Densidade de partícula	42

2.5.4	Argila dispersa em água	42
2.5.5	Grau de flocculação	42
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.1	CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS	43
3.1.1	Composição mineralógica	43
3.1.2	Ferro em Ditionito (Fe_d) e Ferro em Oxalato (Fe_o)	53
3.1.3	Ataque sulfúrico	54
3.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	56
3.2.1	Acidez trocável, acidez potencial e acidez ativa	56
3.2.2	Cátions trocáveis	56
3.2.3	Complexo sortivo	59
3.2.4	Carbono Orgânico	62
3.2.5	Fósforo assimilável	63
3.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	65
3.3.1	Composição granulométrica	65
3.3.2	Argila dispersa em água e Grau de flocculação	66
3.3.3	Densidade de partículas e densidade do solo	66
3.4	OS SOLOS	69
3.4.1	DESCRIÇÃO GERAL	73
3.4.1A	PERFIL 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico	73
3.4.1B	PERFIL 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico	76
3.4.1C	PERFIL 3 PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico	79
3.4.1D	PERFIL 4 PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico	82
3.4.2	DESCRIÇÃO MORFOLOGICA	74
3.4.2A	PERFIL 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico	74

3.4.2B	PERFIL 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico	77
3.4.2C	PERFIL 3 PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico	80
3.4.2D	PERFIL 4 PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico	83
3.4.3	Uso e manejo de Plintossolos e/ou solos com plintitas	89
4	CONCLUSÕES	90
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIÇÃO	Página
Figura 1	Mapa de localização do Município de Iranduba no Estado do Amazonas	34
Figura 2	Difratogramas de Raios-X das frações argila e areia dos horizontes A, Bc ₁ e das concreções do horizonte Bc ₁ do Perfil 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico. (Caldeirão – AM)	46
Figura 3	Difratogramas de Raios-X das frações argila e areia dos horizontes A e Bc ₁ do Perfil 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Caldeirão - AM)	47
Figura 4	Difratogramas de Raios-X da fração argila e areia do horizonte C _{1e} e das concreções dos horizontes Ac, e Bc ₁ do Perfil 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Caldeirão - AM)	48
Figura 5	Difratogramas de Raios-X das frações argila e areia dos horizontes A, Bf ₁ do Perfil 3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Lago de Limão - AM)	49
Figura 6	Difratogramas de Raios-X das frações argila e areia da camada F e das concreções do horizonte Bf ₁ e da camada F do Perfil 3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Lago de Limão - AM)	50
Figura 7	Difratogramas de Raios-X das frações argila e areia dos horizontes A e B ₁ do Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico. (Lago de Limão - AM)	51
Figura 8	Difratogramas de Raios-X das frações argila e areia do horizonte Cg ₁ e das plintitas do horizonte Ac e B ₁ do Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico. (Lago de Limão - AM)	52
Figura 9	Perfil 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico. (Estação experimental da EMBRAPA Amazônia Ocidental, Caldeirão – AM)	84
Figura 10	Aspecto da paisagem. Perfil 1. LATOSSOLO AMARELO. (Iranduba – AM)	84
Figura 11	Perfil 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Distrófico petroplântico. (Estação experimental da EMBRAPA Amazônia Ocidental – AM).	85

Figura 12	Aspecto da paisagem. Perfil 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO	85
Figura 13	Perfil 3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Lago de Limão, Iranduba - AM)	86
Figura 14	Aspecto da paisagem. Perfil 3. PLINTOSSOLO PÉTRICO. (Lago de Limão, Iranduba – AM)	86
Figura 15a	Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico (Lago de Limão, Iranduba – AM)	87
Figura 15b	Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico (Lago de Limão, Iranduba – AM)	87
Figura 15c	Aspecto da paisagem. Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO (Lago de Limão, Iranduba – AM)	88

LISTA DE TABELAS

TABELA	DESCRIÇÃO	Página
Tabela 1	Valores de óxidos de silício, de alumínio, de ferro e fósforo determinados por ataque sulfúrico, relações moleculares K_i , K_r e alumínio/ferro e ferro oxalato e ditionito dos solos estudados	55
Tabela 2	Valores de acidez e cátions trocáveis dos solos estudados	58
Tabela 3	Valores de soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, saturação por alumínio dos solos estudados	60
Tabela 4	Valores de fósforo assimilável e carbono orgânico dos solos estudados	64
Tabela 5	Composição granulométrica e outros atributos físicos dos solos estudados	68

INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais mais essenciais pela influência que exerce sobre o ambiente e a sociedade. Estudar e conhecer os solos de uma região é de extrema importância para a avaliação das suas potencialidades e fragilidades, assim como para um melhor conhecimento e compreensão das interrelações entre os diversos componentes do meio ambiente. Os solos constituem um fator prioritário, visto que, são eles o suporte da subsistência dos seres vivos, uma vez que estão relacionados aos processos biológicos e de produção agrícola, ao aproveitamento das reservas minerais, à construção civil, à indústria entre outros.

A exploração sustentável desse recurso, utilizando práticas de manejo e conservação, a fim de impedir sua deterioração através de planejamento do uso da terra para diversos fins evitando assim, danos ambientais e minimizando custos de produção, depende do conhecimento de sua natureza e da compreensão das suas propriedades.

Os solos da Amazônia são majoritariamente velhos, empobrecidos quimicamente e existem num equilíbrio precário, de modo que qualquer ação antrópica não muito bem conduzida pode desestabilizar o sistema.

Extensas áreas de solos com presença de plintitas e/ou petroplintitas são muito comuns nas paisagens amazônicas estendendo-se, principalmente, por toda a área sedimentar da bacia. Essas características são tão específicas, que exercem forte influência no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e nos solos onde elas se encontram. A gênese desses solos tem sido relacionada às condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade. Embora essa condição seja fundamental no processo de

formação das plintitas, sua presença em diferentes tipos de solos, a posição que ocupam na paisagem, a profundidade em que são encontradas, a quantidade e a distribuição desses materiais e a variabilidade nos padrões morfológicos apresentados por essas feições ferruginosas, além da diversidade das características dos solos que a possuem sugerem a ocorrência de outros processos de formação.

Há grande necessidade de estudar os solos objetos deste trabalho, visto que são de grande importância agrícola (a pesar de terem sido freqüentemente considerados com restrições ao uso agrícola em razão das limitações físicas e químicas para as plantas), são observados em algumas áreas dedicadas à implantação de sistemas agroflorestais e à exploração por produtores isolados. Além disso, econômica e ambientalmente ao seres utilizados na extração de materiais para a indústria mineira e, as zonas onde eles predominam, comumente são exploradas para a extração de materiais para a fabricação de tijolos e para a pavimentação de estradas, causa de sérios problemas de erosão e de grandes impactos ambientais. O avanço da intervenção humana ameaça a conservação desses solos e a destruição dos ecossistemas onde eles se encontram razão porque requerem maior atenção quanto ao aspecto conservacionista.

No município de Iranduba no estado de Amazonas, é muito freqüente a ocorrência de solos com presença de plintitas e/ou petroplintitas, porém, apesar da sua expressiva ocorrência, constata-se a quase inexistência de estudos para o entendimento da sua gênese e do comportamento físico, químico e mineralógico. É necessário entender as peculiaridades do seu comportamento para que se possa proceder ao uso, manejo, conservação e recuperação adequada, se requerida.

As particularidades destes solos, assim como o reduzido número de informações disponíveis sobre eles, motivaram o desenvolvimento deste trabalho cujo objetivo foi estudar

as características químicas, físicas e mineralógicas visando o subsídio de um maior conhecimento das suas propriedades.

OBJETIVOS

Geral

Contribuir para a compreensão do processo de formação dos solos plínticos.

Específico

Avaliar os atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos com horizonte plíntico nas áreas do município de Iranduba-AM.

1. REVISÃO DE LITERATURA

A maioria dos solos da terra firme da Amazônia surgiu em decorrência de espessos sedimentos depositados durante o período Cretáceo correspondente aos depósitos fluviais da formação Alter-do-Chão (Falesi, 1986, Bizzi *et al.*, 2003).

A formação Alter-do-Chão, de acordo com Silva, (2005), é a unidade geológica mais representativa da região, a qual, segundo Schobbenhaus *et al.*, (1984), é caracterizada por sedimentos vermelhos continentais, incluindo essencialmente arenitos argilosos, argilitos, quartzo grauvacas, quartzo-arenitos e brechas intraformacionais.

1.1 PLINTOSSOLOS

1.1.1 Características Gerais dos Plintossolos

A característica mais marcante dos Plintossolos é a presença de manchas avermelhadas ricas em ferro e de consistência macia, que podem ser individualizadas da matriz do solo. Essas manchas constituem as plintitas ou, quando endurecidas, nódulos ou concreções ferruginosas denominados petroplintitas, que formam algumas vezes, camadas contínuas e consolidadas de material ferruginoso proporcionando o caráter ou horizonte litoplíntico. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, Embrapa, 2006).

A formação do horizonte plíntico está sempre relacionada com processos que levam à segregação, mobilização e transporte de Fe^{2+} , seja pelo fluxo lateral das águas de infiltração, das zonas mais altas até as mais baixas, ou pelas oscilações do lençol freático carregado desse elemento, precipitação e concentração final de compostos de ferro (laterização ou plintização)

(Oliveira *et al.*, 1992; SiBCS Embrapa, 2006). A presença de plintita e/ou petroplintita indica que, em algum momento houve alternância dos processos de oxidação e redução, e a presença de concreções ou petroplintitas de ferro evidenciam o final dos processos de hidratação e desidratação.

O conceito dos Plintossolos, estabelecido pelo SiBCS (Embrapa, 2006), compreende solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral, imperfeitamente ou mal drenados, e se caracterizam, sobretudo, por apresentarem expressiva plintização, com ou sem petroplintita. Alguns solos dessa classe, embora tenham sua gênese associada a condições de excesso de umidade ou restrição temporária à percolação d'água, ocorrem nos tempos atuais em condições de boa drenagem e podem apresentar cores avermelhadas na maior parte do perfil.

Ainda segundo o SiBCS os Plintossolos geralmente apresentam horizonte B textural sobre o horizonte plíntico ou concrecionário ou condizente com ele. Ocorrem também em solos com horizonte B incipiente, B latossólico, horizonte glei e solos sem horizonte B. Usualmente, são bem diferenciados, de coloração bastante variável, com predomínio de cores pálidas, com ou sem mosqueados de cores alaranjadas a vermelhas, ou coloração variegada acima do horizonte diagnóstico (plíntico, concrecionário ou litoplíntico).

O SiBCS, define os Plintossolos como solos minerais, que apresentam horizonte plíntico ou litoplíntico ou concrecionário. Começam a 40 cm da superfície ou a 200 cm da superfície quando precedidos de horizonte glei, de horizonte A ou E, ou de outro horizonte que apresente cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em quantidades abundantes.

Quando precedidos de horizonte ou camada de coloração acinzentada, pálida ou amarelado claras, estas deverão ter matizes 5Y, 2,5Y, 10YR ou 7,5YR e croma menor ou

igual a 4, podendo ou não ocorrer mosqueados de coloração desde avermelhada até amarelada.

Se precedidos de horizontes ou camadas com mosqueados, estes deverão ocorrer abundantemente (> 20% em volume), numa matriz avermelhada ou amarelada e as matizes deverão ser 5Y, 2,5Y, 10YR ou 7,5YR e croma menor ou igual a 4.

Quando precedidos de horizontes ou camadas de coloração variegada, pelo menos uma das cores deve satisfazer as condições anteriormente mencionadas.

1.1.2 Características químicas

Os Plintossolos, de forma geral, são solos ácidos, pobres em nutrientes, com teores elevados de alumínio trocável e baixos valores de soma de bases e de capacidade de troca de cátions (Rodrigues, 1996; Schaefer *et al.*, 2000; SiBCS Embrapa, 2006). Tais características foram constatadas por diferentes pesquisadores (Batista & Santos, 1995; Santos & Batista, 1996), ao estudarem a morfologia e a gênese de dois solos com plintita e, ao avaliarem física, química e mineralogicamente solos plínticos submetidos a teste de umedecimento e secagem respectivamente. Os dados acima foram observados também nos trabalhos realizados na região Meio-Norte do Brasil; no levantamento de solos das terras do pólo Juruá-Solimões; (Lima, 2001), em Plintossolos Háplicos do Médio Amazonas; (Coelho & Vidal-Torrado, 2003), em perfis plínticos desenvolvidos do grupo Bauru; (Martins *et al.*, 2006), em estudo realizado em áreas de ocorrência de Ipucas na planície do médio Araguaia - Estado de Tocantins. Cabe assinalar que a maioria dos estudos existente sobre essa classe de solos tem sido realizada em áreas que apresentam drenagem deficiente, mas poucos deles nas condições amazônicas.

Ainda, segundo Rodrigues, (1996) e SiBCS Embrapa, (2006), podem ser encontrados Plintossolos com saturação por bases de média a alta, ou argila de atividade alta, como também solos com propriedades solódicas e sódicas. A ocorrência de Plintossolos eutróficos na Amazônia brasileira é pouco comum e representam entre 0,30 e 0,34 %, do total de solos encontrados (Rodrigues, 1996; Schaefer *et al.* 2000).

1.1.3 Características físicas e mineralógicas

Esses solos apresentam predominância das frações areia e/ou silte nos horizontes superficiais e incremento de argila à medida que se aprofunda no perfil (Batista & Santos, 1995; Rodrigues, 1996; Lima, 2001).

Na composição mineralógica desses solos a caulinita é o mineral de argila mais comumente encontrado, além de goethita, mica, quartzo, montmorrillonita, illita, esmectita, vermiculita e pirofilita. A hematita geralmente está associada aos materiais plínticos. Tais composições foram obtidas por (Rodrigues 1996; Duarte, *et al.*, 2000; Lima, 2001; Lima, *et al.*, 2006).

1.1.4 Características gerais dos Plintossolos Pétricos

Os Plintossolos Pétricos, anteriormente designados Solos Concrecionários ou Concrecionários Lateríticos, caracterizam-se pela presença no perfil dos horizontes diagnósticos concrecionário e/ou litoplíntico. São solos que geralmente se apresentam mais bem drenados em comparação aos Plintossolos Háplicos, têm ocorrência mais restrita aos planaltos das Regiões Central e Norte do Brasil, principalmente nos estados de Tocantins, Pará, Goiás, Mato Grosso, Piauí, Maranhão e no Distrito Federal (Embrapa, 2006).

No Brasil, são encontradas extensas áreas de solos concrecionarios lateríticos, que normalmente apresentam plintitas abaixo das concreções (Leite, 1998) embora poucos trabalhos tenham sido desenvolvidos nos Plintossolos Pétricos, de modo a dar uma visão ampla das características que os compõem.

Constituem exemplos desse tipo de solo os Plintossolos Pétricos, encontrados em estudos realizados por diferentes autores, como (Leite, 1998), em caracterização e classificação de alguns solos concrecionários lateríticos nos municípios de Cuiabá e Várzea Grande, Mato Grosso, (Spera *et al.*, 2003), em estudo de solos da Bacia do Olaria do Distrito Federal, (Spera *et al.*, 2004) em Plintossolos encontrados no estudo da aptidão agrícola das terras da bacia hidrográfica do Riberão Taguatinga, Distrito Federal e (MartinS *et al.*, 2006), ao estudarem os solos da planície do Médio Araguaia, estado de Tocantins.

1.2 SOLOS COM HORIZONTE CONCRECIONÁRIO (PETROPLÍNTICO)

Existem na região alguns solos que apresentam horizontes concrecionários ou petroplínticos geralmente associados aos Latossolos Amarelos. Segundo o SiBCS, estes solos são constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, a 200 cm da superfície do solo ou a 300 cm, se o horizonte A apresentar mais que 150 cm de espessura.

Para serem classificados como petroplínticos no quarto nível categórico, tais solos devem apresentar caracteres concrecionários e/ou litoplínticos em um ou mais horizontes, ou concrecionário e/ou litoplíntico em posição não-diagnóstica para Plintossolo, a 200 cm da superfície do solo (Embrapa, 2006).

1.3 ÁREAS DE OCORRÊNCIA DOS PLINTOSSOLOS OU SOLOS COM PLINTITAS

A média global de solos com plintitas é estimada em cerca de sessenta milhões de hectares, a plintita macia é mais comum nos trópicos úmidos, como no Leste da bacia Amazônica, bacia central do Congo, e partes da Ásia meridional. Extensas áreas de plintitas endurecidas (petroplintitas), formando hard-pand ocorrem no subcontinente Indiano, em partes do sudeste Asiático seco e do norte de Austrália (Driessen & Dudal, 1989). De acordo com o SiBCS, os Plintossolos são típicos de zonas quentes e úmidas, mormente com estação seca bem definida, ou que pelo menos apresentem um período com decréscimo acentuado das chuvas. Ocorrem também na zona equatorial peri-úmida e mais esporadicamente em zonas semi-áridas.

Parte dos solos desta classe (solos com horizonte plíntico) tem ocorrência relacionada a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suavemente ondulado e menos freqüentemente ondulado, em zonas geomórficas de depressão. Ocorrem também em terços inferiores de encostas ou áreas de surgentes, sob condicionamento quer de oscilação do lençol freático, quer de alagamento ou encharcameto periódico, por efeito de restrição à percolação ou escoamento da água. Outra parte (solos com horizonte concrecionário principalmente) apresenta melhor drenagem e ocupa posições mais elevadas em relação aos primeiros (SiBCS Embrapa, 2006).

1.3.1 Ocorrência dos Plintossolos no Brasil

Os solos das áreas de drenagem mais restrita encontram-se no Médio Amazonas (nos interflúvios dos rios Juruá, Purus, Solimões, Madeira e Negro), na Ilha de Marajó, no Amapá,

na Baixada Maranhense-Gurupi, no Pantanal Mato-Grossense, na Planície do rio Araguaia, na Ilha do Bananal e na região de Campo Maior de Piauí SiBCS (Embrapa, 2006).

Ainda segundo SiBCS, os solos mais bem drenados, com presença significativa de petroplintita no perfil, encontram-se normalmente em bordas de platôs e áreas ligeiramente dissecadas de chapadas e chapadões das regiões Central e Norte do Brasil, sobretudo nos estados de Tocantins, Pará, Amazonas, Mato Grosso, Goiás, Piauí, Maranhão e no Distrito Federal.

1.3.2 Ocorrência de Plintossolos na Amazônia brasileira

Na Amazônia brasileira, os Plintossolos representam cerca dos 7,34 % da área total (Schaefer *et al.*, 2000), e ocorrem, principalmente, em áreas planas e rebaixadas de drenagem imperfeita, sujeitas a inundações periódicas (Falesi, 1986). Também de acordo com Rodrigues, (1996), os Plintossolos são encontrados em áreas mais dissecadas, especialmente nos terços inferiores de encostas.

1.4 APTIDÃO AGRÍCOLA DOS PLINTOSSOLOS OU SOLOS COM CARÁTER PLÍNTICO

Segundo Spera *et al.*, (2003); Spera *et al.*, (2004); Coelho *et al.*, (2004); IBGE, (2005); Martins *et al.*, (2006), a profundidade de ocorrência, a intensidade da cimentação do material ferruginoso formando camadas contínuas e espessas que geralmente se apresentam nas terras mais altas e bem drenadas, e a drenagem deficiente desses solos, são fatores que condicionam a aptidão agrícola das áreas onde predominam solos com caráter plíntico e constituem forte

limitação ao uso agrícola, porque a permeabilidade do solo, a restrição ao enraizamento das plantas e o entrave ao uso de equipamento agrícola podem tornar-se limitantes. Além disso, a baixa fertilidade natural na maioria dos casos e a elevada toxicidade por alumínio muito comum neles, tornam-nos inaptos ou com aptidão muito restrita aos cultivos.

A restrição sobre o uso desses solos, segundo esses autores, decorre da limitação de serem utilizados somente para pastagem plantada ou para pastagem plantada com espécies forrageiras rústicas. Por esses motivos precisam de algumas técnicas agrícolas com alto nível tecnológico e cultural, inclusive, ou até com baixos níveis tecnológicos e culturais e sem aptidão para reflorestamento e para pastoreio extensivo, quando sob vegetação campestre ou de campo cerrado. Martins *et al.*, (2006), propõem que ao serem utilizados em outras culturas, necessitam do emprego de técnicas de drenagem manejadas com muito cuidado para que não haja ressecamento excessivo e, conseqüentemente, endurecimento da plintita de forma a criar um impedimento mecânico ao escoamento natural das águas e ao desenvolvimento de raízes das plantas cultivadas.

1.5 CARACTERÍSTICAS E FORMAÇÃO DAS PLINTITAS

As plintitas têm sido reconhecidas como uma das etapas do processo de segregação de ferro compreendida entre mosqueado e concreção, com os quais estão normalmente associadas (Santos & Batista, 1996).

De acordo com Falesi, (1986); Oliveira *et al.*, (1992); Embrapa, (2006) estes materiais são formações constituídas da mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro ou ferro e alumínio com grãos de quartzo e outros minerais.

As plintitas são formadas em ambiente úmido pela segregação de ferro. O ferro é importado em mobilização, transporte e concentração final de seus compostos que podem ser processados em qualquer solo onde o seu teor for suficiente para permitir a segregação do mesmo sob a forma de manchas vermelhas brandas. Comumente são vermelhas, vermelho-amarelada e vermelho-escura, cujos padrões são usualmente laminares, poligonais ou reticulados. É firme quando úmida e dura ou muito dura quando seca, tendo diâmetro de > 2 mm e pode ser separada da matriz do solo e das petroplintitas, pode ocorrer em forma laminar, nodular esferoidal ou irregular.

O endurecimento da plintita não ocorre como resultado de um único ciclo de umedecimento e secagem e tem como propriedade inerente a capacidade de endurecer irreversivelmente quando exposta a repetidos processos de umedecimento e secagem, transmutando-se por solidificação em petroplintitas (Embrapa, 2006; IBGE, 2005). No solo úmido a plintita é macia e pode ser cortada com a pá. Nestas, pode haver concentrações de elementos traços, principalmente, quando ricas em manganês e fósforo (Soares, 1985).

As plintitas formam-se preferencialmente em áreas baixas e úmidas. Para que a plintita se forme segundo Driessen & Dudal, (1989), é necessário que ocorram os seguintes processos:

1. Acumulação relativa de sesquióxidos, pela remoção da sílica e de bases, através da hidrólise e dissolução, como também pela acumulação absoluta de produtos resistentes ao intemperismo como sesquióxidos, quartzo e caulinita oriundos de uma ou outra fonte qualquer.
2. Segregação de ferro (mosqueado), fruto da alternância do processo de oxidação-redução no ambiente. No período em que o ambiente está saturado com água a maioria do ferro encontra-se em forma ferrosa (Fe^{+2}) que tem alta mobilidade, fato pelo qual é facilmente

redistribuído. Quando a umidade decresce, este ferro precipita-se como óxido férrico (Fe^{+3}) o qual poderá ser redissolvido na próxima estação úmida.

Alexander & Cada, (1962), citado por Leite, (1998), expressaram que, para que ocorra a acumulação e segregação do óxido de ferro e finalmente desencadear o processo de formação de plintita, três condições básicas são necessárias:

1. Que exista um suprimento adequado de ferro, oriundo do material de origem ou através da adição de ferro vindo de outra fonte;
2. Que ocorra o processo de alternância de umedecimento e secagem, favorecendo assim o processo de redução e oxidação das substâncias e;
3. Que o relevo da área seja relativamente plano.

A formação da plintita na Amazônia, de acordo com Sombroek, (1966), ocorre predominantemente em planícies e cobertura de sedimentos não consolidado do Quaternário (Neógeno) e Terciário (Paleógeno). Segundo esse autor o nível de água subterrânea flutuante, ou pseudonível de água subterrânea, é essencial para a formação da maioria dos materiais plínticos da Amazônia, dado que essa situação é muito freqüente na região.

Capas de plintitas duras e brandas são encontradas na Amazônia em zonas bem drenadas onde o nível das águas subterrâneas é bem profundo, cujas plintitas consideradas fósseis, foram formadas em épocas em que as flutuações do nível das águas subterrâneas encontravam-se a pouca profundidade.

As plintitas fósseis duras podem ocorrer sobre camadas de plintita brandas, sendo muito provável que ambas as capas de plintita constituam vestígios de solos lateríticos cuja formação teve lugar sob o solo. Esta seqüência plintita fóssil dura sobre plintita fóssil branda, é explicável pela perda por erosão do horizonte A e parte do horizonte B, de um solo laterítico. A parte superior do material torna-se endurecida e a parte inferior se mantém branda e indicam também que, normalmente o material foi formado *in situ*, neste caso as plintitas atuariam como

material de origem e as características dos solos dependeriam das características da plintitas brandas iniciais cuja erosão deu como resultado as plintitas duras (Sombroek, 1966).

Segundo o autor, para ter certeza que a plintita fóssil dura, foi formada acima da plintita fóssil branda, a seqüência deve ter:

1. O caráter dos elementos concrecionarios (tamanho, forma) está relacionado com a parte vermelha da plintita fóssil branda.
2. O arranjo destes elementos na parte baixa da capa de plintita fóssil dura é similar ao padrão de mosqueados da plintita fóssil branda.
3. A transição entre a plintita fóssil branda e a plintita fóssil dura é gradual.

A hidrólise ácida induzida pela vegetação de floresta tem sido considerada como um possível mecanismo para que ocorram dissoluções extremas dos óxidos de ferro (Kämpf & Curi, 2000). Os óxidos de ferro dissolvidos em posições mais elevadas da paisagem propiciam que o Fe^{2+} solúvel seja transportado para as posições inferiores, onde, pode oxidar e precipitar novamente como óxidos de ferro originando plintitas. De acordo com esses autores a migração do Fe^{2+} para as áreas de encostas pode alcançar até 10^4 m na paisagem.

A profundidade de ocorrência da plintita varia bastante induzindo diferentes ambientes de oxidação redução, o que se torna crítico para a adequação agrícola dos solos que a contêm (Resende *et al.*, 1988). Segundo Kämpf & Curi, (2000), a presença de plintitas nos solos, indica que processos de oxi-redução estão sempre ocorrendo.

1.6 CARACTERÍSTICAS DAS PETROPLINTITAS

A petroplintita é um material normalmente proveniente das plintitas, que após ciclos de umedecimento seguido de ressecamento acentuado, sofre consolidação vigorosa, dando lugar à

formação de nódulos ou de concreções ferruginosas (ironstone, concreções lateríticas, canga, taponhoacanga) de dimensões e formas variadas (laminar, esferoidal, nodular ou em forma alongada posicionada na vertical ou irregular) individualizadas ou aglomeradas, podendo mesmo configurar camadas maciças contínuas, de espessura variável, ou, segundo conceituação proposta mais recentemente, o endurecimento da camada de plintitas pode vir a gerar um horizonte litoplíntico, SiBCS (Embrapa, 2006).

Em estudos realizados em África, Alexander & Cady, (1962), comprovaram que, em cortes de estradas realizadas em material rico em ferro e de consistência macia, houve um maior endurecimento com conseqüente formação de crosta onde o sol incidia com maior freqüência, em quanto que do lado onde o sol incidia com menor intensidade, o material permaneceu úmido e macio, com vegetação crescendo sobre o mesmo. Estas observações de campo indicaram que, a exposição do material macio a ciclos de umedecimento e secagem, leva a formação de crosta ferruginosa.

Quando o solo se torna mais seco em função de mudanças do nível de água ou das condições climáticas, as plintitas que foram formadas sob essas condições se endurecem formando as petroplintitas. O endurecimento das plintitas (Driessen & Dudal, 1989), envolve os seguintes processos:

1. Cristalização de compostos de ferro amorfos com a conseqüente formação de agregados de minerais de óxidos de ferro, especialmente goethita e;
2. Desidratação de goethita a hematita e, no caso de gibbsita para boemita.

Eles mostraram que o endurecimento das plintitas freqüentemente se inicia com a remoção da cobertura vegetal, a qual torna o ambiente susceptível ao processo erosivo. A exposição e o contato do material com o ar circundante a través de ciclos alternados propiciam o endurecimento do material, com a subseqüente formação de crosta.

Concreções de ferro ocorrem na maioria dos solos tropicais, tanto na forma de material esquelético como na forma de pães, tanto sob floresta úmida quanto sob savanas (cerrados), sendo mais abundantes nas áreas de transição. O clima úmido das áreas de florestas favorece sua formação, enquanto as áreas de savana (cerrado) favorecem ao endurecimento (Vieira & Santos, 1987).

1.7 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

1.7.1 Dispersão e floculação de argilas

Os processos de dispersão e floculação das argilas são regulados pela dinâmica da dupla camada difusa, que, por sua vez, é influenciada pelo número de cargas negativas/unidade de superfície (Klar, 1984).

A maior retenção de cátions dada pelo grau de neutralização das cargas por íons de sinal contrário determina menor espessura da dupla camada difusa e redução da atividade das cargas negativas das partículas coloidais (a retenção das bases pelos argilominerais decresce dos cátions de maior valência para os de menor valência), favorecendo a floculação das argilas. Elevado grau de saturação por cálcio ou grau de saturação por bases muito baixas, constituem condições favoráveis para a floculação (Costa, 2004).

O número de cargas negativas / unidade de superfície aumenta quando o valor do pH encontra-se igual ou cerca de seis, caso contrário, número de cargas negativas diminuem quando o pH diminui, portanto valores de pH reduzidos favorecem a floculação. A forte retenção de Al^{+++} corresponde à redução da dupla camada difusa e forte neutralização das cargas negativas das partículas coloidais, o que explica a fraca resistência à floculação dos

sistemas dominados por esse elemento. A floculação em ambientes ácidos, além da influência do H^+ e, provavelmente, do Al^{+++} , é facilitada pela redução das cargas negativas resultantes da própria influência do pH (Costa, 2004).

Segundo Klar, (1984), íons de menor valência apresentam maior grau de hidratação que os da maior valência. Dependendo do estado de hidratação e composição dos íons trocáveis, as partículas podem flocular ou dispersar. Cátions monovalentes altamente hidratados produzem dispersão (sódio e lítio) e os bivalentes e trivalentes com alta concentração de solutos proporcionam floculação (cálcio, alumínio).

1.7.2 Densidade do solo e densidade de partículas

A densidade de partículas, segundo Khier, (1979); Brady, (1989), é uma característica intrínseca, invariável e independente da estrutura e compactação do solo. Esta característica depende, basicamente, da constituição mineralógica. Em solos minerais, os valores variam numa faixa limitada de 2,6 - 2,75 $mg\ m^{-3}$ isto ocorre porque, quartzo, feldspatos e silicatos, colóides com densidades compreendidas nessas faixas, compõem a maior parte desses solos. No entanto o baixo valor de densidade real da matéria orgânica exerce uma influência marcante no teor da densidade de partículas, da mesma forma a presença de óxidos de ferro e outros minerais pesados, elevam a densidade para valores ao redor de 3,0 $mg\ m^{-3}$ (Khier 1979; Buckman, 1979).

A densidade do solo (D_s) é um valor variável para um mesmo solo, visto que depende da natureza, das dimensões e da forma como se acham dispostas as partículas de solo (Khier, 1979). Conseqüentemente, a mesma é amplamente influenciada pela textura, estrutura, e matéria orgânica. O conhecimento da (D_s) permite importantes relações com diversas

características como drenagem, porosidade condutividade hidráulica, aeração e, na maioria dos solos minerais, esse índice varia entre 1,10 -1,60 mg m³ (Buckman, 1979).

De acordo com Khier (1979), há uma tendência à elevação da (Ds) à medida que se aprofunda no perfil, aparentemente pelos menores conteúdos de matéria orgânica, pela maior compactação em virtude do peso das camadas sobrejacentes sobre as subjacentes e pela iluviação de argilas que reduz o espaço poroso.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foram selecionadas duas áreas de estudo do Município de Iranduba no estado do Amazonas; localizadas entre o Rio Negro e o Rio Solimões, limitado pelos municípios: Careiro, Manaquiri, Manacapuru, Novo Airão e Manaus, a uma altitude média de 30 m acima do nível do mar, ocupando uma área territorial de 2354 km² e situada a uma distância por via fluvial de 32 km da Capital do Estado.

Uma das áreas foi localizada na Estação Experimental do Caldeirão da EMBRAPA Amazônia Ocidental, na margem esquerda do rio Solimões. A outra se localizou na estrada do Lago Limão, aproximadamente a 3,5 Km da Rodovia AM-70.

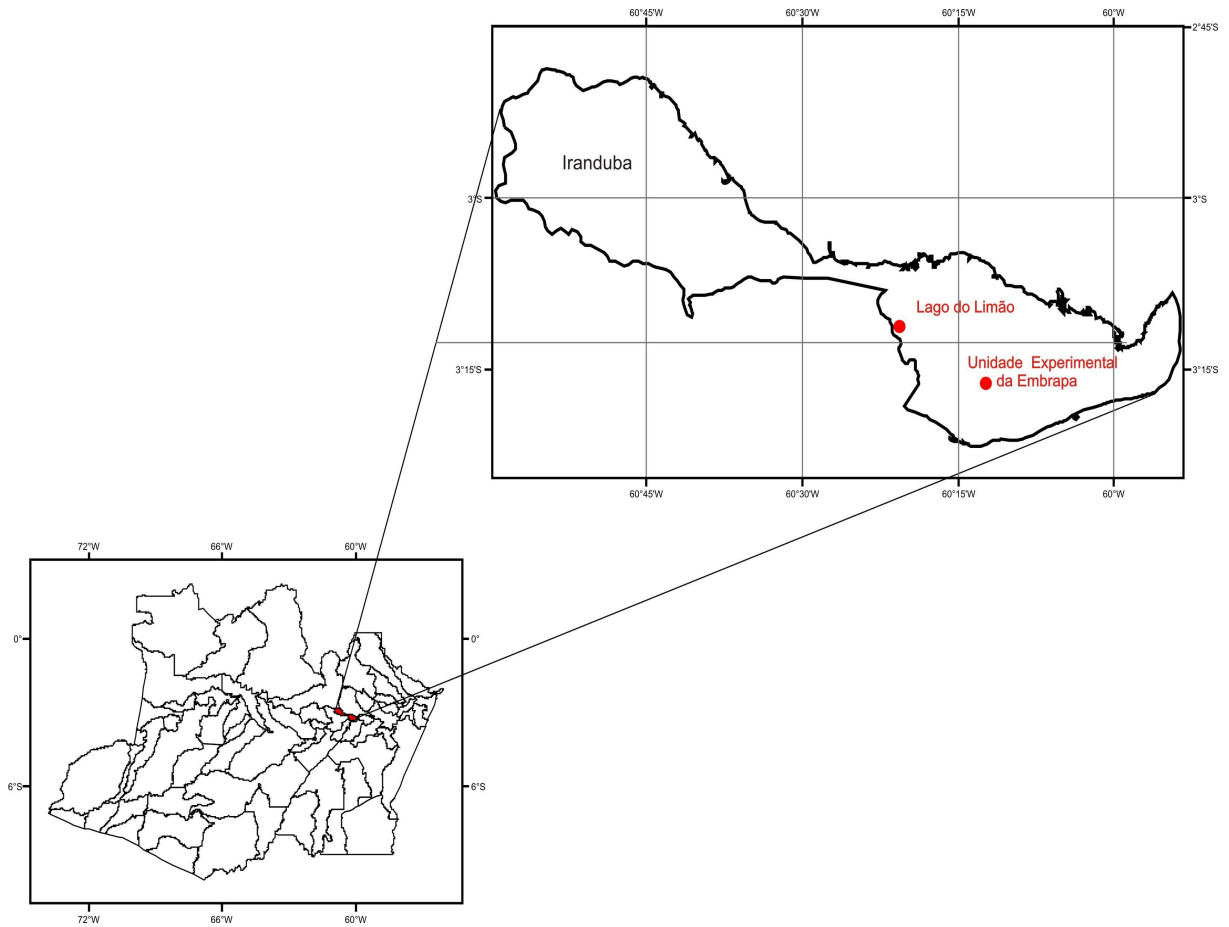


Figura 1 Mapa de localização do Município de Iranduba. Manaus AM.
Fonte: IBGE, 2008

A vegetação primária da região compreende Florestas, Floresta equatorial perenifólia, Campinas. Em algumas áreas do município parte da cobertura vegetal original tem sido alterada devido às atividades agrícolas, e mineração, principalmente extração de areia, solo e petroplintitas.

O clima é tropical chuvoso durante todo o ano, de acordo com a classificação de Köppen: Af. Caracteriza-se por apresentar uma precipitação anual superior a 2000 mm, em que a menor precipitação mensal é igual ou superior a 60 mm (Rodrigues, 1996) e temperaturas e umidades relativas altas (média anual aproximadamente de 26⁰C e de 90% respectivamente), durante a maior parte do ano (Falesi, 1986).

O relevo da região de Iranduba é formado por colinas pequenas e médias pouco dissecadas, predominando também uma área mais aplainada e pouco rebaixada, cuja altitude não é superior a 80 m (Silva, 2005).

A área de estudo está inserida na bacia sedimentar do Amazonas, formada por sedimentos depositados durante o Cretáceo, formação Alter-do-Chão, (Radambrasil, 1977, Soares, 2007).

2.2 SELEÇÃO, DESCRIÇÃO DOS SOLOS, COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

Selecionaram-se dois perfis em cada área de trabalho. Perfis 1 e 2 na área da Estação Experimental do Caldeirão, os perfis 3 e 4 no Lago Limão.

Os perfis 1, 2, 3, ocupam áreas bem drenadas e mais elevadas, enquanto o perfil 4, ocorre em área rebaixada da paisagem, onde as condições de drenagem deficiente e oscilações do lençol freático próximo à superfície provocam ambiente redutor em parte do ano.

As trincheiras foram abertas para a descrição dos perfis e coleta das amostras segundo recomendações de (Santos *et al.*, 2005). Após a descrição morfológica dos perfis, as amostras foram coletadas de cada horizonte para fins de caracterização física, química e mineralógica, a seguir foram desterradas, secas ao ar e passadas por peneiras de 2 mm de abertura de malha, para se obter a terra fina seca ao ar (TFSA), a partir da qual foram realizadas parte das análises.

Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

2.3 CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

Para a realização destas análises foram tomadas amostras da matriz e das feições ferruginosas (concreções, plintitas) de alguns horizontes por cada perfil. Essas feições foram separadas cuidadosamente da matriz do solo com a ajuda de uma faca. As concreções foram lavadas e escovadas com o objetivo de eliminar todo vestígio de solo ao seu redor. O material foi seco ao ar e triturado em almofariz de ágata.

2.3.1 Difratomia de raios-X

As frações areia, argila e as feições ferruginosas dos horizontes selecionados, foram analisadas por difratometria de raios - X segundo metodologia descrita por Whittig e Allardice (1986) e USDA (1996). A separação das frações areia e argila para análise por difratometria foi realizada a partir da TFSA de acordo com procedimento descrito por Embrapa (1997) para análises mineralógicas por difratometria.

Após a separação e secagem foram pulverizadas em almofariz de ágata. Amostras de argila e areia dos horizontes selecionados foram colocadas em porta amostra metálico, prensado com lâminas de vidros até se obter uma superfície totalmente lisa, a seguir foram levadas ao difratômetro equipado com tubo de cobre e fendas de 0,15 mm, utilizando radiação $\text{CuK}\alpha$ e operado a 30 mA e 40 kV. Os difratogramas foram obtidos a uma velocidade do goniômetro de $2^\circ 2\theta/\text{min}$ com varredura de 3 a $60^\circ 2\theta$. Os minerais foram identificados com base na tabela para identificação de minerais (Chen, 1997).

2.3.2 Ferro em ditionito (Fe_d) e ferro em oxalato (Fe_o)

Os teores de Fe cristalinos e amorfos de amostras dos horizontes A e B dos solos e das feições ferruginosas dos horizontes B de cada perfil foram determinados por meio de extração com ditionito-citrato (Fe_d) (Coffin, 1963), e oxalato ácido de amônio (Fe_o), (Schwertmann, 1964), com quantificação por meio de absorção atômica.

2.3.2.1 Ferro em ditionito

Todo o material (solo e feições) foi triturado e passado por peneira de 0,149 mm de abertura de malha. Para a determinação do ferro em ditionito (F_d), cada amostra foi pesada, peneirada e colocada em tubos de 100 ml, aos quais se adicionaram 40 mL da solução de citrato de sódio, 5 ml de solução de bicarbonato de sódio, e levados ao banho-maria. Quando a temperatura chegou aos 70 °C, foi adicionado aproximadamente 0,5g de ditionito de sódio, e agitado à mão por um minuto. Após cinco minutos adicionou-se novamente ditionito de sódio, agitado novamente, e aguardaram-se mais cinco minutos, adicionou-se por terceira vez a mesma quantidade de ditionito e esperaram-se mais cinco minutos tendo o cuidado de que a temperatura não ultrapassasse os 80 °C para não ocorrer a precipitação do FeS. As amostras foram retiradas do banho-maria e se acrescentou 10 mL da solução saturada de NaCl, foram misturadas e aquecidas levemente ao banho-maria, e centrifugadas por cinco minutos a 2000 rpm, o sobrenadante foi recolhido para a determinação de ferro cristalino (Coffin, 1963).

2.3.2.2 Ferro em oxalato ($Fe_{(o)}$)

Para a determinação do $Fe_{(o)}$ pesou-se aproximadamente 1.0g de amostra pulverizada e peneirada. Cada amostra foi colocada em tubos de centrífuga de 100 ml cobertos com papel

de alumínio para evitar a incidência da luz, foram adicionados 50 ml do reagente Tamm (oxalato de amônio 0,2 mol/l + ácido oxálico 0,2 mol/L a pH 3,0), agitado mecanicamente por 2 horas de forma que os tubos se encontrassem paralelamente ao movimento do agitador, e depois centrifugados por cinco minutos a 1500 rpm. O sobrenadante foi transferido para frascos de 50 ml, e realizada a leitura do ferro amorfo (Schwertmann, 1964).

2.3.3 Ataque sulfúrico

Estas análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras, de acordo com a metodologia descrita por (Embrapa, 1997). Tratamento com fervura de 1g de terra fina com solução de ácido sulfúrico 1:1, deixado esfriar e adicionado 50 ml de água, filtrado para balão de 250 ml e completado o volume para, no filtrado, determinar os teores de óxidos de ferro, alumínio e fósforo. A sílica foi solubilizada com solução NaOH. Os teores foram determinados por absorção atômica.

As relações K_i e K_r , isto é as relações entre SiO_2/Al_2O_3 e $SiO_2/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$, foram calculadas com base nos dados resultantes do ataque sulfúrico

2.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

As diferentes análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por Embrapa (1997).

2.4.1 pH em água e em solução de KCl 1mol L⁻¹

Medição eletroquímica da concentração efetiva de íons H⁺ na solução do solo, por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solução solo: líquido (água e KCl), na proporção 1g: 2,5 mL com tempo de contato mínimo de uma hora e agitação da suspensão imediatamente antes da leitura.

2.4.2 Cálcio e magnésio trocáveis

Foram extraídos numa solução de KCl 1mol L⁻¹, na proporção solo: solução 1g: 20 mL e quantificados pelo método complexométrico com emprego de EDTA, usando-se como indicador o negro de eriocromo-T. O Ca²⁺ foi obtido por titulometria com EDTA e ácido calcon carbônico como indicador. O Mg²⁺ foi determinado pela diferença das duas determinações anteriores.

2.4.3 Potássio e sódio trocável

Foram extraídos com solução HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,125 mol L⁻¹ na proporção solo: solução 1g: 10 mL e quantificado por fotometria de chama.

2.4.4 Alumínio trocável

Foi extraído em solução KCl mol L⁻¹, na proporção solo: solução 1g: 20 mL e quantificado por titulometria com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹.

2.4.5 Acidez potencial

Foi extraída com solução de acetato de calco $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ pH 7,0 na proporção solo: solução 1g: 15 mL e quantificada por titulometria com solução NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$.

2.4.6 Fósforo assimilável

Foi extraído HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ + H₂SO₄ $0,125 \text{ mol L}^{-1}$ na proporção solo: solução 1g: 10 mL e quantificado por colorimetria.

2.4.7 Carbono orgânico total

Determinou-se mediante oxidação com dicromato de potássio em meio ácido sem aquecimento externo, por titulometria com sulfato ferroso amoniacal

2.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

2.5.1 Composição granulométrica

Para a determinação da classe textural do solo foram utilizadas 20g de TFSA, nas quais foi realizada inicialmente a dispersão química das amostras com solução NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (necessária para a solubilização da matéria orgânica) e posteriormente dispersão mecânica. A fração areia foi separada por tamisação, seca em estufa e pesada para obtenção do respectivo percentual, enquanto a argila foi separada por sedimentação pelo método da pipeta. Pipetando-se um volume da suspensão que após seca em estufa foi quantificada através de

pesagem. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%, foi calculado por diferença das outras frações em relação ao peso da amostra original (Embrapa, 1997).

2.5.2 Densidade do solo (Ds)

Para a determinação da densidade do solo, foram coletadas amostras com estrutura indeformadas pelo método do anel volumétrico (anel de aço com bordas cortantes e volume interno de aproximadamente 100 cc), nos horizontes mais representativos dos perfis estudados. Ambos os lados do anel foram tampados e vedados com fita crepe, devidamente identificados e enviados para o laboratório. O solo contido no cilindro foi seco em estufa a 120 °C, durante 48 horas, após este período deixaram-se as amostras esfriarem e em seguida foram pesadas. A densidade do solo foi calculada a partir da seguinte equação:

$$D_s = m/v$$

Em que:

$$D_s = \text{densidade do solo, mg m}^{-3}$$

$$m = \text{massa do solo seco, mg}$$

$$V = \text{volume, m}^{-3}$$

2.5.3 Densidade de partículas (Dp)

As amostras de solo foram pesadas em recipiente de peso conhecido e levadas à estufa a 105 °C, por 6 a 12 horas, depois de secas foram pesadas para se obter o peso inicial. As amostras foram transferidas para balão de 50 mL, e foi adicionado álcool etílico, agitando

bem o balão para eliminar as bóias de ar, completando o volumem do balão e anotada a quantidade de álcool gasto. A densidade de partículas foi obtida através da equação;

$$D_p = a / 50 - b, \text{ em kg m}^{-3}$$

Em que:

a = masa da amostra seca a 105°C, mg

b = volume de álcool gasto, m⁻³

2.5.4 Argila dispersa em água

Foi determinada pelo método da pipeta. Foram pipetados 50 ml a 5 cm de profundidade, o material foi seco, deixado esfriar e pesada a fração argila.

O calculo foi realizado a partir da seguinte equação.

$$\text{Teor de argila} = (\text{peso da argila} \times 100 \times f).$$

Onde:

f = fator de correção para cada amostra

2.5.5 Grau de flocculação

O grau de flocculação foi obtido pela seguinte equação:

$$GF = 100 (a - b) / a \text{ em } \%$$

Em que:

a = argila total %

b = argila dispersa em água %.

Ambos os índices foram transformados para g kg^{-1} .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS

3.1.1 Composição mineralógica

Em termos qualitativos, a composição mineralógica das frações argila e areia dos solos bem drenados (perfis 1, 2 e 3), não difere do que têm sido observado por outros autores (Tucci, 1991; Marques, *et al.*, 2002; Lima *et al.*, 2006) em estudos realizados em diferentes solos na região amazônica. Ou seja, a fração argila é dominada por caulinita, com presença de goethita como componente secundário (Figuras 2 - 6). Enquanto, na fração areia o quartzo foi o único mineral identificado. Destaca-se, no entanto que não foram realizados procedimentos visando separar o quartzo de possíveis outros minerais presentes nessa fração.

No Plintossolo Háplico (perfil 4), solo que apresenta drenagem deficiente, não foram identificados óxidos de ferro na fração argila (figuras 7 e 8), devido possivelmente, à ocorrência da dissolução e perda de ferro que, de acordo com (Kämpf & Curi, 2000), normalmente ocorre em pedoambientes anaeróbicos.

A exposição do solo por longo tempo à ação das chuvas abundantes e de temperaturas elevadas, em associação com a boa drenagem (condições predominantes nos P1, P2 e P3), permite a fácil penetração das águas de percolação a través do perfil o que torna o intemperismo mais intenso, favorecendo assim, a dissolução, lixiviação e a perda quase completa dos minerais primários facilmente intemperizáveis. Esse processo proporciona que a

fração arenosa seja constituída fundamentalmente por quartzo, como foi constatado nos difratogramas obtidos para a fração areia (Figuras 2 -6).

A partir dos resultados confirmou-se, que a pobreza química desses solos (Tabela 2) está embasada na pobreza da matriz mineral. Além disso, praticamente não há reservas nutricionais na fração grosseira dominada por quartzo. Por outro lado nas petroplintitas dos perfis bem drenados 1 e 2 (Figuras 2 e 4) e na fração argila do Perfil 4 (figuras 7 e 8), observou-se maior riqueza da composição mineralógica do que na matriz mineral dos perfis bem drenados ao serem identificados minerais do tipo 2:1.

Pela presença de minerais 2:1 (possivelmente mica/illita) inseridos nas concreções, ficou evidente que, esses minerais ficaram preservados como representantes fossilizados do material de origem desses solos. McFarlane, (1976), afirma que, os nódulos provenientes de oscilação do lençol freático possuem a propriedade de fossilizar internamente o estado de intemperismo do saprólito, possibilitando assim, a manutenção de minerais primários em seu interior, por tanto, a presença desses minerais no interior das petroplintitas é um indicativo da influência do lençol freático na gênese desses materiais. No entanto com os dados aqui obtidos não é possível confirmar essa hipóteses, estudos como, quantificação de goethitas e hematitas e substituição de ferro por alumínio é preciso que sejam realizados.

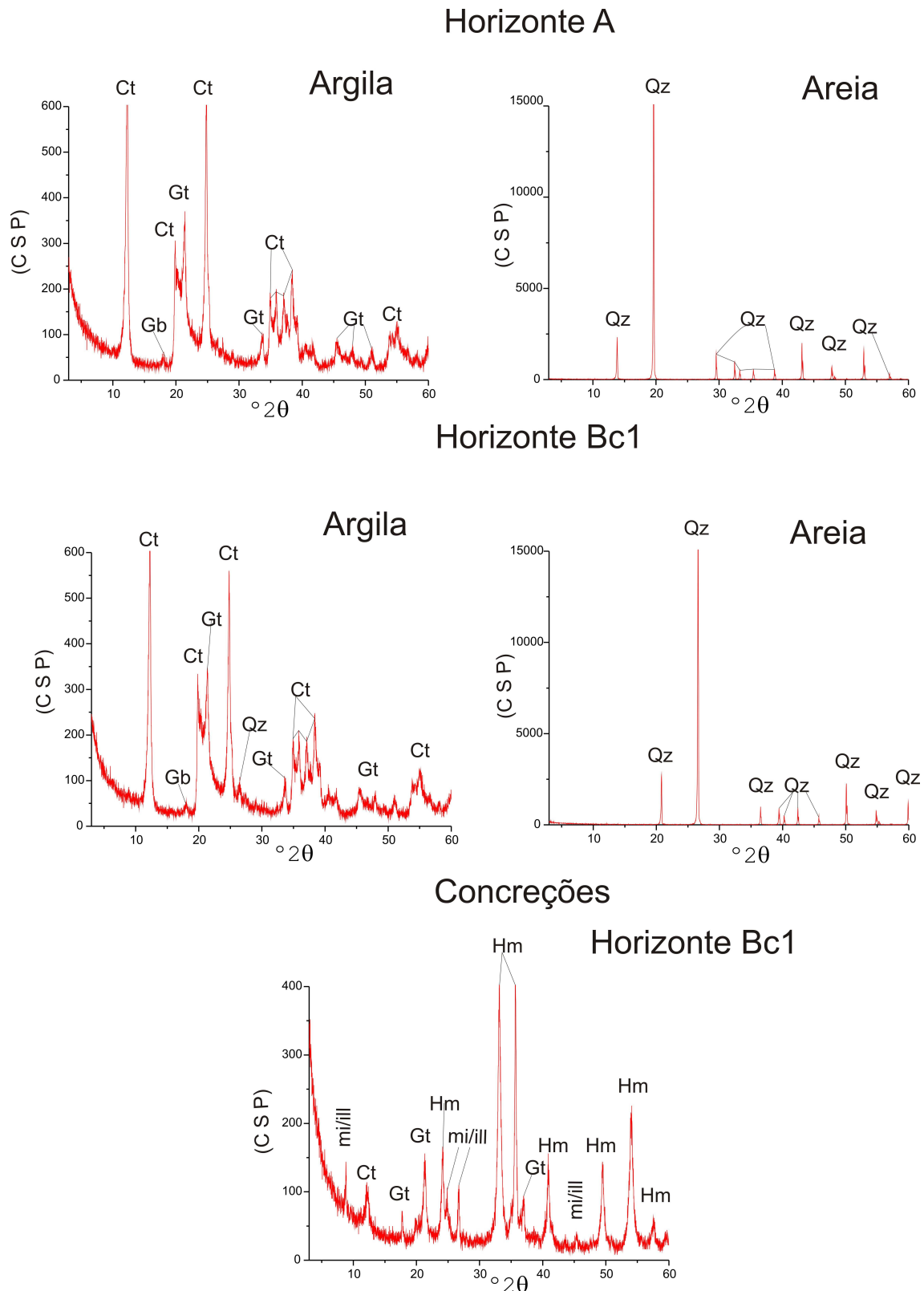
Deve-se, entretanto destacar que não há evidencias de minerais 2:1 nas concreções do perfil 3, (Figura 6), o que ratifica a necessidade de estudos mais aprofundados nesses materiais.

Praticamente não foi observada gibbissita nos difratogramas obtidos para a maioria das amostras analisadas, de modo que, foi detectado apenas um pico identificando dito material nas frações argilas dos solos analisados (Figuras 2 – 7) e nas petroplintitas da camada F do perfil 3 (Figura 6), sugerindo que as condições gerais para a estabilização desse mineral nestes

solos são favoráveis à manutenção da caulinita e, por isso, este último encontra-se em maior proporção que a gibbsita. Lucas *et al.*, (1993), constataram que, na floresta amazônica é reciclada uma grande quantidade de elementos químicos fundamentalmente silício e alumínio, o que de acordo com os autores, pode ser uma das causas favoráveis à manutenção da caulinita. Aparentemente a gibbsita não é muito freqüente nos horizontes superficiais dos solos da região amazônica, segundo foi constatado por Sombroek, (1966); Lima, (2001), em estudos realizados em Latossolos da Amazônia.

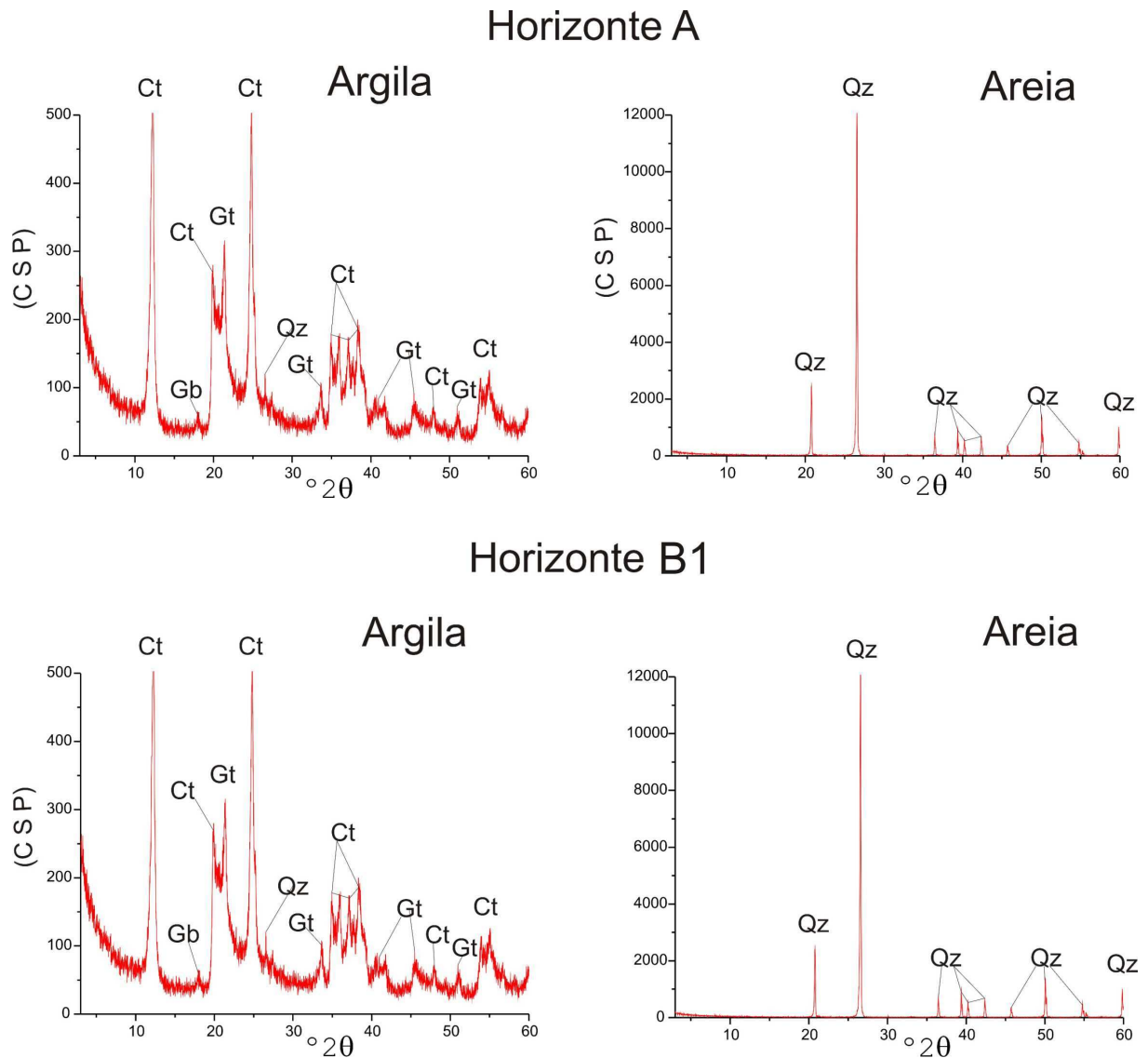
A hematita, não foi encontrada na fração argila dos perfis analisados, mas é constituinte principal das petroplintitas dos perfis 1, 2 e 3 (Figuras 2, 4 e 6). A formação desse mineral pode estar vinculada aos sucessivos ciclos de umedecimento e secagem, contribuinte na formação desses materiais, cujos ciclos, segundo (Resende *et al.*, 2005), disponibilizam uma relativa grande quantidade de ferro em microlocais, que propiciam a formação de hematitas encontradas em nódulos plínticos formado sob essas condições.

Hematita e goethita, segundo expressaram (Kämpf & Curi 2000), são minerais que por sua baixa solubilidade podem, em certos casos, persistir por longo período de tempo no solo, mesmo em condições ambientais alteradas, o que justifica a sua presença nos solos estudados nas condições bioclimáticas atuais.



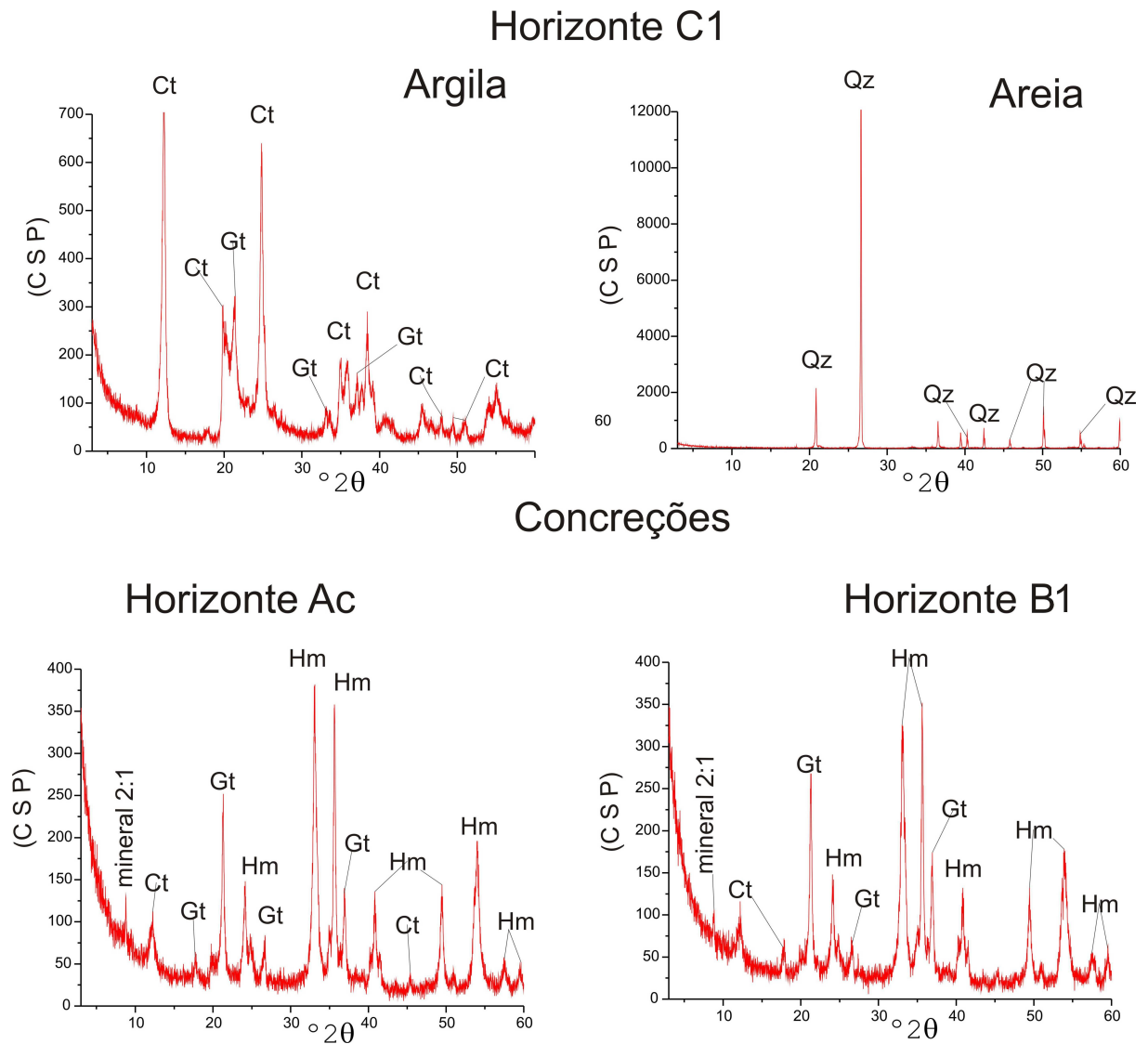
Figuras 2 - Difratoigramas de Raios-X das frações argila e areia dos horizontes A, Bc1 e das concreções do horizonte Bc1 do Perfil 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplúntico. (Caldeirão - AM).

Minerais identificados: Ct – Caulinita, Gb – Gibbissita, Gt – Goethita, Qz – Quartzo, mi/ill – Mica/illita, Hm – Hematita.



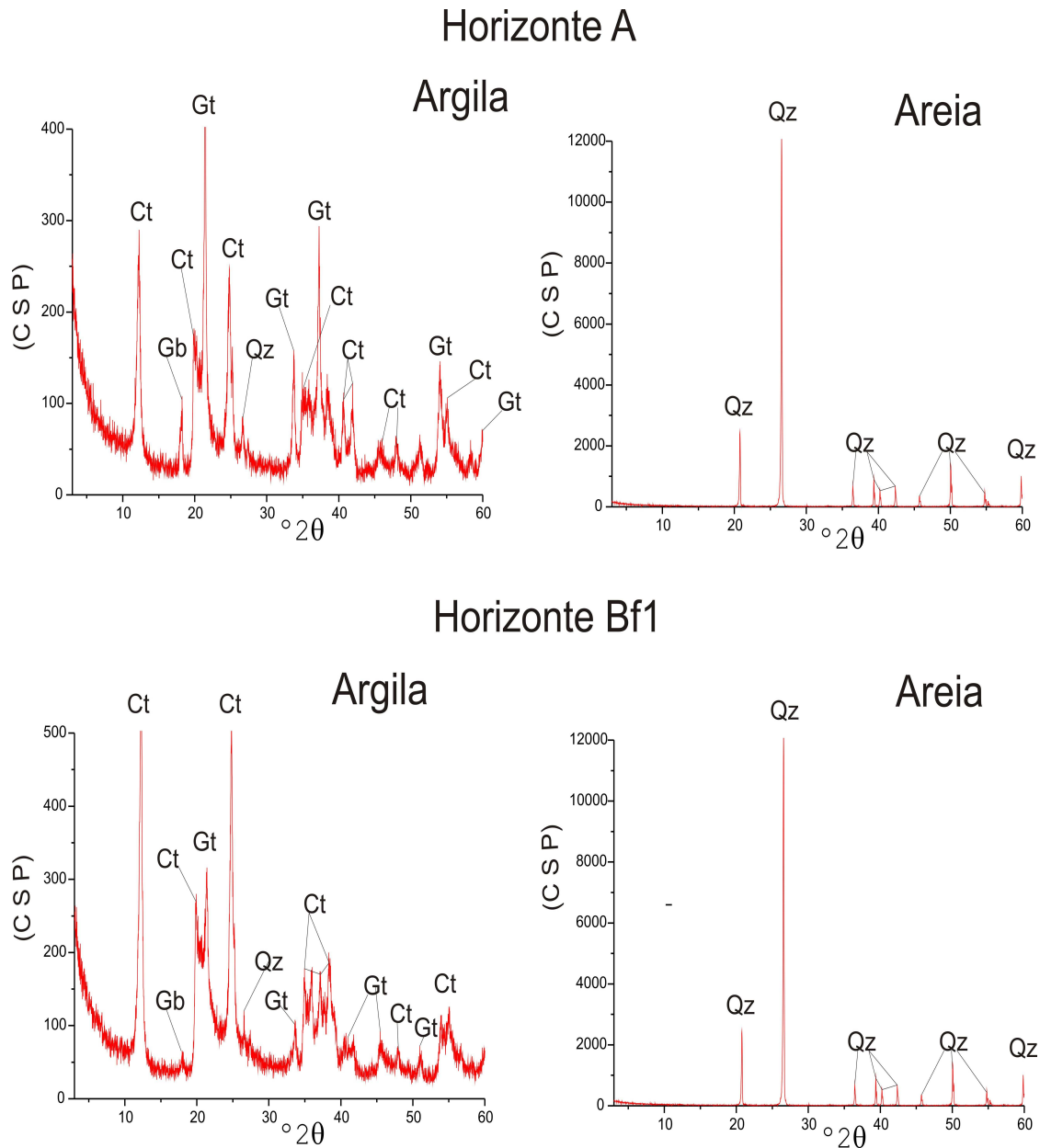
Figuras 3 – Difratoformas de Raios-X das frações argila e areia dos horizontes A, B₁ do Perfil 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Caldeirão - AM).

Minerais identificados: Ct - Caulinita, Gb – Gibbsita, Gt – Goethita, Qz – Quartzo.



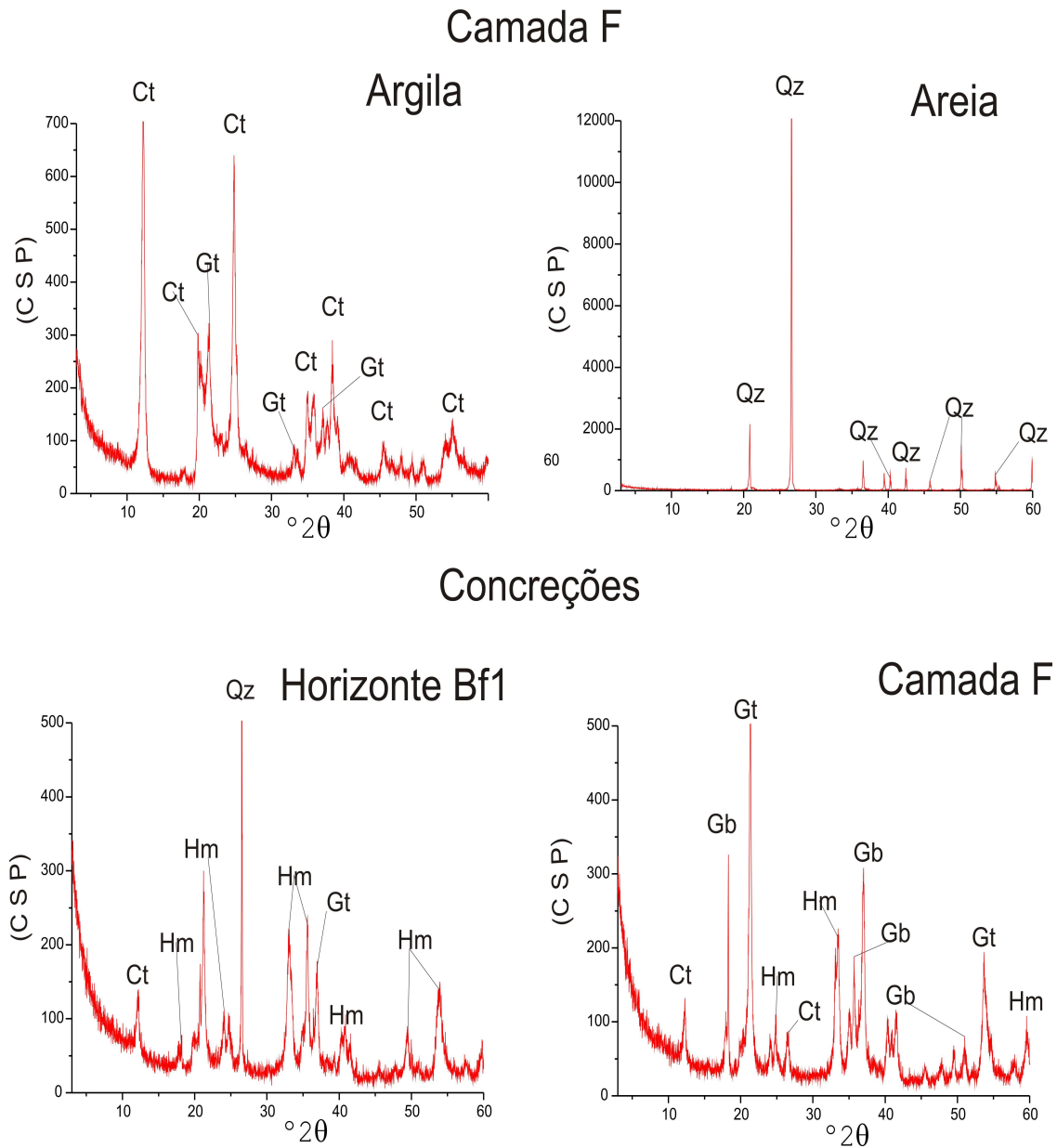
Figuras 4 – Difratoformas de Raios-X da fração argila e areia do horizonte C1e das concreções dos horizontes AC, e B₁ do Perfil 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Caldeirão - AM).

Minerais identificados: Ct - Caulinita, Gt – Goethita, Qz – Quartzo, Hm – Hematita.



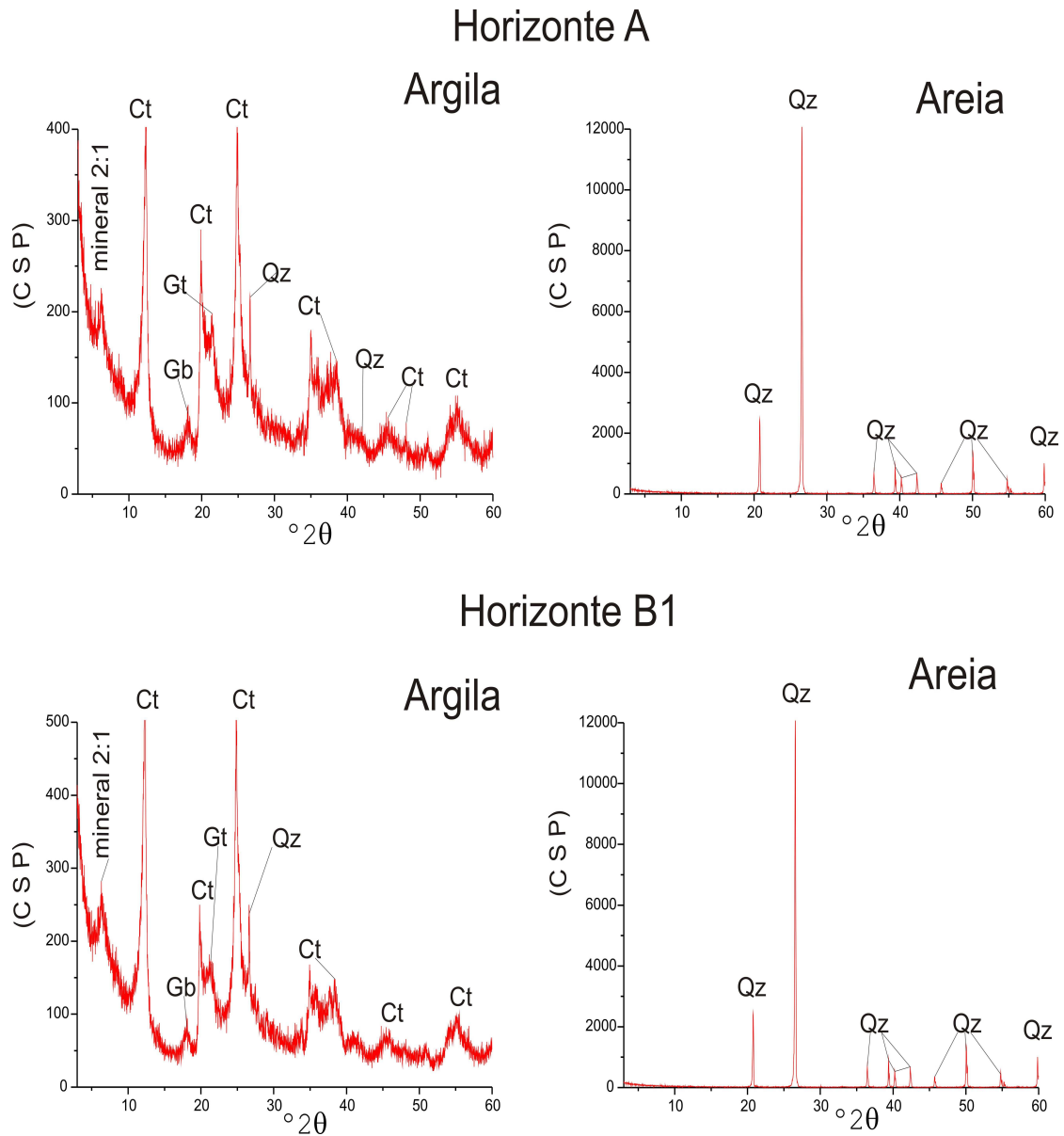
Figuras 5 - Difractogramas de Raios-X das frações argila e areia dos horizontes A, Bf₁ do Perfil 3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Lago de Limão - AM).

Minerais identificados: Ct - Caulinita, Gb – Gibbisita, Gt – Goethita, Qz – Quartzo.



Figuras 6 - Difractogramas de Raios-X das frações argila e areia da camada F e das concreções do horizonte Bf1 e da camada F do Perfil 3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Lago de Limão - AM).

Minerais identificados: Ct - Caulinita, Gt - Goethita, Qz - Quartzo, Hm - Hematita, Gb - Gibbisita.



Figuras 7 - Difractogramas de Raios-X das frações argila e areia dos horizontes A e B1 do Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico. (Lago de Limão - AM).

Minerais identificados: Ct - Caulinita, Qz – Quartzo, Hm – Hematita.

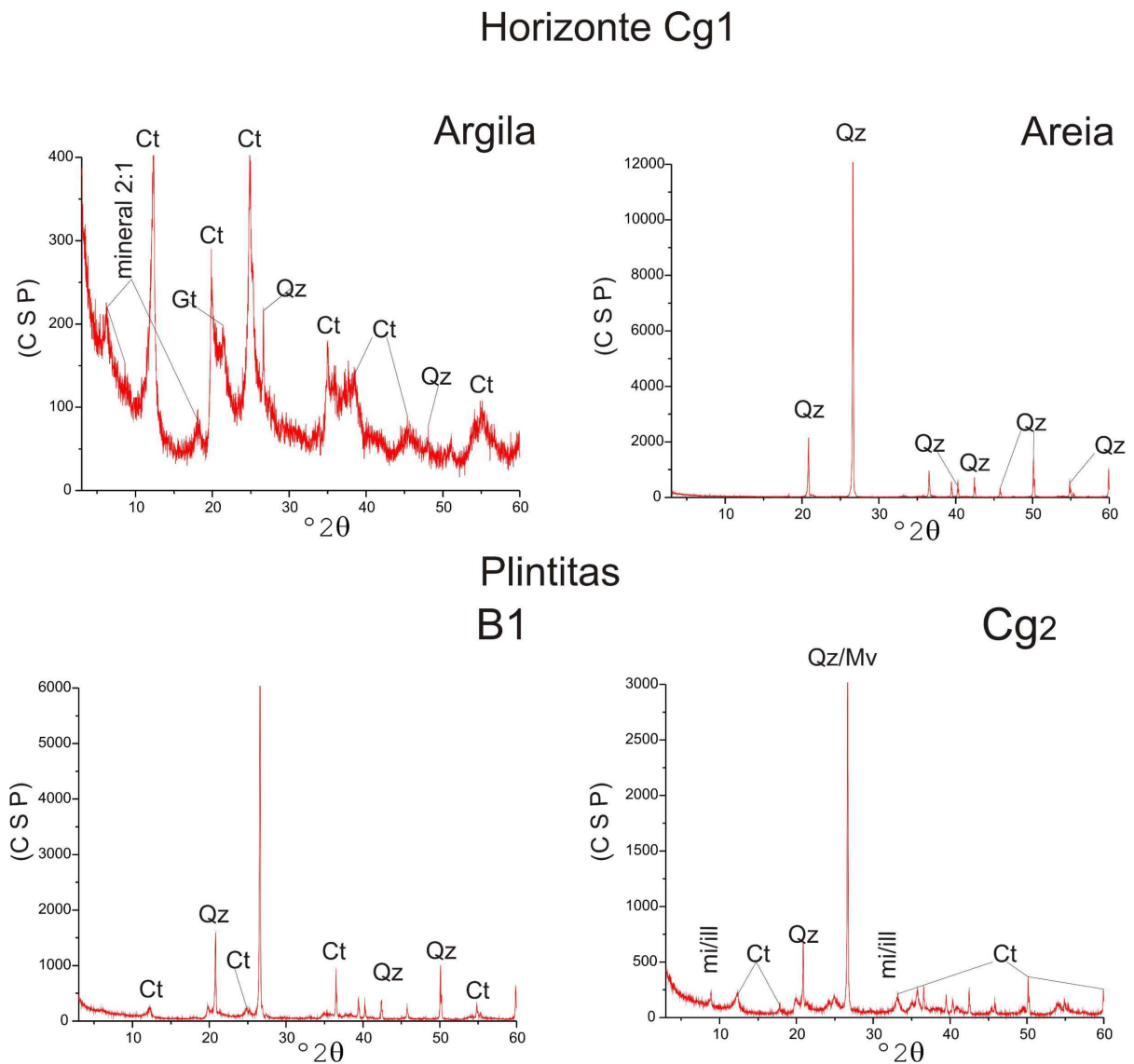


Figura 8 – Difratoformas de Raios-X das frações argila e areia do horizonte Cg1 e das plintitas do horizonte B1 e Cg2 do Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico. (Lago de Limão - AM).

Minerais identificados: Ct - Caulinita, Gt – Goethita, Qz – Quartzo, Hm – Hematita, Mi/ill - Mica/illita.

3.1.2 Ferro em Ditionito (Fe_d) e Ferro em Oxalato (Fe_o)

As extrações para ferro cristalino (Fe_d) e ferro amorfo (Fe_o), foram realizadas na terra fina da matriz do solo e nos materiais ferruginosos dos horizontes analisados de cada perfil.

Há uma diferença quantitativa entre os teores de (Fe_d) e (Fe_o) entre a matriz dos horizontes com boas condições de drenagem, perfis 1, 2 e 3 e o perfil 4 (mal drenado) (Tabela 1), onde os maiores teores de (Fe_d) encontraram-se logicamente nos solos bem drenados, indicando a presença predominante de ferro sob formas de óxidos com maior grau de cristalinidade neste caso, a goethita, representada nas Figuras 2 – 6.

Teores bem mais altos de (Fe_d) foram encontrados nas feições ferruginosas dos perfis estudados, demonstrando com isso, a grande concentração de ferro existente nessas feições (Tabela 1). Os valores desse índice variaram entre as feições dos solos estudados, os maiores teores correspondem com as petroplintitas dos (P1, P2, e P3) (Tabela 1) e o menor valor foi obtido nas plintitas do P4, refletindo diminuição da dureza desde petroplintitas (concreções) para plintitas. Esse comportamento reflete a interação positiva existente entre as formas mais cristalinas e o endurecimento das estruturas plínticas. Resultado similar foi obtido por (Santos & Batista, 1996), em estudo realizado em solos plínticos da região meio norte do Brasil.

Em relação à razão Fe_o/Fe_d , observou-se um aumento deste valor nos horizontes superficiais e na matriz do perfil 4 (Tabela 1), como consequência da elevação dos teores de (Fe_o). Tais registros nos horizontes A, revelaram a presença de formas amorfas de ferro, devido provavelmente, ao efeito retardador da matéria orgânica na cristalização dos óxidos de ferro pedogenéticos.

Segundo Schwertmann *et al.* (1986), as interações superficiais da matéria orgânica com os óxidos de ferro, são as responsáveis por impedirem a formação de goethita e lepidocrocita em favor da formação da ferridrita e, conseqüentemente, impedindo a sua

transformação para formas mais estáveis de ferro. Enquanto que no perfil 4, o processo atual, devido às condições redutoras, se desenvolveu no sentido de formação de horizonte nodular o plíntico proporcionando a dissolução do ferro, tais condições de acordo com Ghidin *et al.*, (2006), contribuem para que conteúdos de ferro especialmente amorfos sejam mais elevados.

Entretanto, valores da relação Fe_o/Fe_d menor do que uma obtida para os horizontes subsuperficiais e nos materiais plínticos, denotaram o predomínio de óxidos de ferro de maior cristalinidade neste caso a goethita, representada nos difratogramas dos perfis 1, 2 e 3 (Figuras 2 – 6), em razão de sua alta estabilidade termodinâmica em ambientes aeróbicos, segundo critérios de Kämpf & Curi, (2000); Lima, (2001).

3.1.3 Ataque sulfúrico

Os conteúdos de ferro de (Fe), alumínio (Al), sílica (Si) e fósforo (P), extraídos pelo ataque sulfúrico, dos solos e das feições ferruginosas encontram-se na Tabela 1.

Os teores de ferro avaliados na matriz dos solos dos P1, P2 e P4 foram considerados baixos (< 80 g/kg), (Tabela 5) e hipoférricos (Embrapa, 2006), já no perfil 3, os valores desse índice avaliaram-se como médio (80 a < 180g/kg) e mesoférrico. Os teores mais baixos de ferro foram obtidos no Plintossolo Háptico, embora esse solo ocorra em posição rebaixada da paisagem, não representando um ambiente de acumulação, mas de perdas de Fe, certamente devido às condições de drenagem deficiente. Por outro lado, os teores de Fe_2O_3 nas concreções foram muito elevados (> 360 g/kg).

Com base nos resultados obtidos verificou-se um intenso processo de intemperização evidenciado pelos valores de K_i (SiO_2/Al_2O_3), (< 2) e K_r ($SiO_2/Al_2O_3 + Fe_2O_3$). De acordo com o limite estabelecido pela Embrapa (1999), os valores de K_i e K_r > 0,75 evidenciaram

uma constituição predominantemente caulínica de todos os perfis, inclusive das plintitas do perfil 4, as petroplintitas dos P1, P2 e P3, refletiram no caráter caulínico-oxídico, com o $Ki > 0,75$ e $Kr < 0,75$.

Tabela 1 – Valores de óxidos de silício, de alumínio, de ferro e fósforo determinados por ataque sulfúrico, relações moleculares Ki , Kr e alumínio/ferro e ferro oxalato e ditonito dos solos estudados.

Horizonte	Profundidade (cm)	Ataque Sulfúrico							Relações moleculares		
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Fe _(o)	Fe _(d)	Fe _(o) /Fe _(d)	Ki	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
		----- % -----									
LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplúntico											
A	0-28	14,49	13,70	4,87	0,04	0,15	0,13	1,15	1,80	1,47	4,42
Bc ₁	90-120	16,48	15,98	5,26	0,05	0,05	0,13	0,38	1,75	1,45	4,77
Petroplintitas											
Bc ₁	90-120	12,60	12,74	63,00	0,04	0,07	0,67	0,10	1,68	0,40	0,31
Perfil 2 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico											
A	0-14	14,53	13,79	5,41	0,05	0,20	0,13	1,54	1,79	1,43	4,00
B ₁	67-84	24,02	21,24	7,82	0,04	0,05	0,15	0,33	1,92	1,56	4,26
Petroplintitas											
AC	14-29	8,84	11,65	66,02	0,03	0,10	0,57	0,18	1,29	0,28	0,28
Perfil 3 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico											
A	0-10	9,63	13,76	9,26	0,68	0,20	0,13	1,54	1,19	0,83	2,33
Bf ₁	41-64	14,66	18,64	12,08	0,07	0,08	0,12	0,66	1,34	0,95	2,42
Petroplintitas											
Bf ₁	41-64	12,80	20,27	48,92	0,13	0,08	0,63	0,13	1,07	0,42	0,65
Perfil 4 – PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico											
A	0-24	11,18	9,85	3,76	0,04	0,40	0,08	5,0	1,93	1,55	4,11
B ₁	24-39	13,33	10,62	3,56	0,03	0,37	0,08	4,62	2,13	1,76	4,69
Plintitas											
B ₁	24-39	25,47	19,66	13,67	0,02	0,08	0,13	0,62	2,20	1,52	2,26

Fe_(o) - Ferro em oxalato, Fe_(d) - Ferro em ditonito, $Ki = \% SiO_2 \times 1,70 / \% Al_2O_3$; $Kr = \% SiO_2 / 0,60 / (\% Al_2O_3 \times 1,02) + \% (Fe_2O_3 / 1,60)$
 $Al_2O_3 / Fe_2O_3 = \% de Al_2O_3 \times 1,57 / \% de Fe_2O_3$.

3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

3.2.1 Acidez trocável, acidez potencial e acidez ativa

Nos solos estudados a reação do solo variou de forte a moderadamente ácido, segundo as classes de interpretação da acidez ativa do solo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos SiBCS (Embrapa, 2006), com valores de pH variando entre 4,3 e 5,7 (Tabela 2). A acidez tendeu a ser maior no horizonte A, em virtude provavelmente da presença da matéria orgânica e tornou-se menor nos horizontes subsuperficiais de cada perfil estudado. Em todas as amostras avaliadas, o valor do pH em solução de KCl 1 mol L⁻¹ foi inferior ao valor do pH em H₂O resultando num Δ pH negativo. Segundo Meurer, (2004), Δ pHs negativos indicam predomínio de carga superficial líquida negativa caracterizando solos eletronegativos e, conseqüentemente, dominância de capacidade de troca de cátions sobre a troca de ânions.

Os maiores valores da acidez potencial (H + Al) foram observados nos horizontes A de cada solo (Tabela 2), oscilando entre 7,60 e 12,74 cmol_c kg⁻¹. De acordo com orientações da Comissão de Fertilidade de Solos de Minas Gerais, (CFEMG, 1999), resultados acima de 5,01 e 9,0 Cmol_c kg⁻¹ desse índice, são considerados como altos e muito altos, respectivamente.

3.2.2 Cátions trocáveis

Os teores de nutrientes (Ca, Mg, K, e Na) foram extremadamente baixos em todos os solos estudados (Tabela 2), inclusive em alguns horizontes os valores dos registros foram menores que o limite de determinação (< LD), evidenciando pouca disponibilidade desses

nutrientes para as plantas como seria esperado, tratando-se de solos bastante intemperizados e derivados de sedimentos, enquanto que os valores de Al^{3+} são relativamente mais elevados, o que resultou em baixos valores de soma e saturação por bases superior a 60 % de saturação por alumínio. É possível que esse incremento dos conteúdos de alumínio esteja relacionado com os altos índices de acidez do solo, uma vez que esse elemento tem sua solubilidade aumentada, quando o valor de pH é aproximadamente menor que 5,5 (Teixeira, 2000).

Tabela 2 – Valores de acidez e cátions trocáveis dos solos estudados

Horizonte	Profundidade (cm)	Ph		Δ pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	K ⁺	Na ⁺
		H ₂ O	KCl							
					----- Cmol _c kg ⁻¹ -----			---- mg kg ⁻¹ ----		
LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplúntico										
A	0-28	4,3	3,7	-1,06	0,01	0,01	1,9	7,6	0,57	0,20
AB	28-35	4,6	3,8	-0,47	< LD	0,01	1,4	5,2	0,26	0,09
B ₁	35-59	4,7	3,9	-0,6	< LD	0,03	1,2	3,3	0,07	0,03
B ₂	59-90	4,8	4,2	-0,55	< LD	0,03	0,8	2,5	0,07	0,00
Bc ₁	90-120	4,8	4,1	-0,72	< LD	0,02	0,6	2,6	0,02	0,01
Bc ₂	120-153	4,9	4,3	-0,67	< LD	0,01	0,4	2,2	0,07	0,01
Bc ₃	153 ⁺	5,1	4,3	-0,8	< LD	0,01	0,6	1,4	0,05	0,03
Perfil 2 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico										
A	0-14	4,4	3,8	-0,60	0,03	0,03	2,52	12,7	1,11	0,03
AC	14-29	4,5	3,9	-0,60	0,03	0,03	1,83	6,9	0,39	0,03
AB	29-50	4,4	3,9	-0,48	0,02	0,01	2,00	9,7	0,54	-
BA	50-67	4,6	3,9	-0,62	0,01	0,01	1,53	4,9	0,18	-
B ₁	67-84	4,7	4,0	-0,72	0,02	0,01	1,23	3,8	0,14	-
B ₂	84-119	5,0	4,1	-0,92	0,01	0,00	1,08	3,4	0,13	-
BC	119-150	5,0	4,1	-0,91	0,07	0,00	1,06	3,1	0,05	-
C ₁	150-182	5,1	4,1	-1,04	0,01	0,00	1,5	2,9	0,05	-
C ₂	182-205 ⁺	5,1	4,1	-1,04	0,01	0,00	1,48	2,7	0,08	-
Perfil 3 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico										
A	0-10	4,4	3,9	-0,4	0,04	0,02	1,62	8,9	0,64	0,32
AB	10-30	4,9	4,2	-0,71	0,02	0,01	0,85	5,9	0,35	0,19
BA	30-41	5,2	4,2	-1,00	0,02	0,01	0,82	5,5	0,18	0,15
Bf ₁	41-64	5,6	4,3	-1,22	0,02	0,01	0,63	4,0	0,23	0,34
Bf ₂	64-91	5,6	4,5	-1,02	0,03	0,00	0,22	2,8	0,15	0,32
Bf ₃	91-132	5,7	4,8	-0,99	0,02	0,00	0,20	2,0	0,13	0,34
F	132 ⁺	Não foram realizadas análises químicas								
Perfil 4 – PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico										
A	0-24	4,5	3,8	-0,92	0,27	0,13	3,15	9,1	1,25	0,97
B ₁	24-39	4,6	3,8	-0,86	0,16	0,11	5,47	7,0	0,38	0,72
B ₂	39-62	4,7	3,8	-0,90	0,15	0,12	6,90	8,3	0,38	0,33
BC _g	62-89	4,8	3,8	-1,06	0,11	0,14	6,77	9,6	0,38	0,41
C _{g1}	89-101	4,8	3,7	-1,17	1,20	0,11	10,30	12,2	0,62	0,58
C _{g2}	101-150 ⁺	4,9	3,7	-1,06	0,13	0,11	10,27	12,2	0,62	0,76

3.2.3 Complexo Sortivo

Os valores da capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos estudados encontraram-se oscilando entre 1,53 – 14,71 cmolc kg^{-1} (Tabela 3), constatando-se diferenças nos resultados obtidos para a capacidade de troca de cátions entre os solos correspondentes aos perfis 1, 2 e 3 nos quais, os valores desse índice foram considerados baixos, segundo (CFEMG, 1999) e o Plintossolo Háplico P4, que alcançou categoria de baixa no horizonte A, e de média a alta, à medida que se incrementa a profundidade do solo.

Referente ao valor (V %) todos os perfis refletiram baixa porcentagem de saturação por bases, caracterizando os solos estudados como distróficos segundo critério do SiBCS (Embrapa, 2006), enquanto a soma de bases (S) de forma geral foi muito baixa, no entanto, foram observados valores relativamente mais elevados nos resultados do perfil 4 (Tabela 3). Os resultados obtidos para o valor S em todos os solos analisados foram condizentes com os que foram obtidos para os cátions trocáveis (Tabela 2).

Em todos os perfis observaram-se teores de saturação por alumínio maior que 55 % (Tabela 3). Esses registros evidenciaram que a maior parte das cargas negativas do complexo coloidal está sendo ocupadas pelo alumínio trocável.

Tomando como referência o horizonte B do perfil 4, cujo teor de alumínio trocável foi maior que 4 Cmolc kg^{-1} , associado à atividade de argila $\geq 20 \text{ Cmolc kg}^{-1}$ (22,94 Cmolc kg^{-1}), saturação por Al $\geq 50 \%$ (Tabela 1) e saturação por bases $< 50 \%$, (Tabela 3), fico evidente o caráter alítico desse solo SiBCS (Embrapa, 2006). Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Santos & Batista, (1996), quando estudaram plintossolos da região meio-norte do Brasil.

Tabela 3 - Valores de soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por alumínio dos solos estudados.

Horizonte	Profundidade (cm)	S ----- Cmol _c kg ⁻¹ -----	CTC	V ----- % -----	M
Perfil 1 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplúntico					
A	0-28	0,78	8,38	9,30	70,92
AB	28-35	0,35	5,58	6,27	79,77
BW ₁	35-59	0,13	3,45	3,63	90,77
BW ₂	59-90	0,07	2,56	2,77	92,12
BW _{c1}	90-120	0,16	2,76	5,80	79,49
BW _{c2}	120-153	0,10	2,26	4,42	81,13
BW _{c3}	153 ⁺	0,10	1,53	6,35	86,66
Perfil 2 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico					
A	0-14	1,20	13,94	8,60	67,76
AC	14-29	0,48	7,37	6,46	79,36
AB	29-50	0,58	10,24	5,62	77,67
BA	50-67	0,20	5,14	3,80	88,70
B ₁	67-84	0,16	3,93	4,12	88,36
B ₂	84-119	0,14	3,50	3,97	88,60
BC	119-150	0,06	3,18	1,92	94,56
C ₁	150-182	0,06	2,92	1,95	96,34
C ₂	182-205 ⁺	0,09	2,83	3,15	94,33
Perfil 3 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico					
A	0-10	1,02	9,94	10,22	61,48
AB	10-30	0,57	6,43	8,91	59,73
BA	30-41	0,35	5,83	6,05	69,91
Bf ₁	41-64	0,60	4,60	13,01	51,30
Bf ₂	64-91	0,50	3,34	14,92	30,64
Bf ₃	91-132	0,49	2,50	19,50	29,11
F	132 ⁺	Não foram realizadas análises químicas			
Perfil 4 – PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico					
A	0-24	2,62	11,73	22,34	54,59
B ₁	24-39	1,37	8,39	16,33	79,97
B ₂	39-62	0,98	9,27	10,57	87,56
BCg	62-89	1,04	10,61	9,80	86,68
Cg ₁	89-101	2,51	14,71	17,60	80,41
Cg ₂	101-150 ⁺	1,62	13,74	11,79	86,38

Valor S = soma de bases; CTC = Capacidade de troca de cátions, V = % de saturação por bases, m = Saturação por Al³⁺ = 100 (Al) / (S + Al)

Os sedimentos correspondentes à Formação Alter-do-Chão, depositados durante o Cretáceo e Terciário que ocupam grande parte da bacia sedimentar do Amazonas e constituem o material de origem dos solos analisados, apresentam pouca diversidade de componentes minerais (Radambrasil, 1977) e, conseqüentemente, pobreza de nutrientes para as plantas.

Além da destacada pobreza em nutrientes do material de origem, as condições atuais de temperatura, precipitações elevadas e intensa lixiviação, dos perfis localizados nas áreas bem drenadas levaram à formação desses solos pobres em nutrientes, de elevada acidez ativa e saturação por alumínio e baixa capacidade de trocas de cátions. Essas características químicas parecem representar as condições gerais de acidez, saturação por alumínio, pobreza de nutrientes e baixa capacidade de troca de cátions, da maioria dos solos de terra firme da Amazônia, conforme verificado por diferentes autores como (Radambrasil, 1978) para as lateritas hidromórficas, assim como outros solos bem drenados, estudados por Rodrigues, (1996); Schaefer *et al.*, (2000); Lima, (2001); Luchese *et al.*, 2001; Marques *et al.*, (2002).

As características do Plintossolo Háptico observadas no levantamento de campo e nos resultados das análises químicas obtidos ilustram que, o hidromorfismo condicionado possivelmente pela ação do lençol freático alto, limita o processo pedogenético resultando num solo menos intemperizado e menos pobre em nutrientes (Lima, *et al.*, 2006).

As diferenças apreciadas da capacidade de troca de cátions entre os solos localizados nas zonas de melhor drenagem, perfis 1, 2, 3, (Tabela3) com o Plintossolo Háptico (perfil 4), estão vinculadas fundamentalmente, à presença de minerais 2:1 identificados na fração argila desse solo (Figuras 7 e 8), entanto que os outros perfis, em função de uma maior ação dos processos pedogenéticos, apresentaram uma mineralogia na fração argila predominantemente caulínica e de óxidos de ferro (goethita) (Figuras 2 - 6). Os minerais 2:1, segundo Resende *et al.*, (2002), apresentam maior superfície específica e maior expansibilidade que permitem

maior acesso de cátions às posições de troca destes minerais, proporcionando uma maior CTC, quando comparados com os outros minerais identificados nos demais perfis analisados.

3.2.4 Carbono Orgânico

Maiores conteúdos de carbono orgânico foram obtidos nos horizontes superficiais com oscilações entre 13,05 – 25,25 g kg⁻¹ (Tabela 4). O valor mais alto foi encontrado no perfil 3, situação que deve estar relacionada com a cobertura vegetal (predominantemente é uma capoeira de aproximadamente dois anos), entanto que o perfil 1 (Tabela 4), apresentou o menor valor, correspondente com o uso atual (piçarreira abandonada), onde a vegetação de cobertura é muito pobre.

Apesar de, as condições bioclimáticas nos ambientes amazônicos serem favoráveis a uma rápida e intensa decomposição da matéria orgânica (Lima, 2001), o pH ácido e a baixa disponibilidade de nutrientes (detectados nos solos P1, P2 e P3), são fatores que, segundo o Instituto da Potasa & Fosfato, (1998) condicionam a redução da taxa de mineralização da matéria orgânica e dão lugar a uma acumulação relativa na camada superficial, porém, no perfil 4 a predominância das condições de drenagem deficiente e/ou excesso de umidade contribuíram para que o processo de decomposição seja mais lento.

A maior acumulação de carbono orgânico na superfície devido à maior incorporação de resíduos vegetais, (influenciado pela qualidade e quantidade da vegetação existente) refletiu nos maiores valores de fósforo e capacidade de troca de cátions (Tabela 3 e 4).

3.2.5 Fósforo Assimilável

Os teores de fósforo assimilável (Melich-1), segundo critérios da CFEMG, (1999), foram considerados baixos em todas as amostras analisadas dos solos estudados (Tabela 4), inclusive nos horizontes C1 e C2 do perfil 2, a partir do horizonte BA, obtiveram-se valores abaixo do limite de determinação, pode ser apreciado que os valores mais elevados foram encontrados em todos os horizontes A.

Na maioria dos solos de terra firme da Amazônia brasileira, os valores de fósforo assimilável são geralmente baixos. A solubilidade do fósforo é altamente afetada e depende do tipo de argila presente no solo, a caulinita e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (comuns em regiões com alta pluviosidade e altas temperaturas) retêm ou "fixam" mais o fósforo que outros minerais de argilas (Resende, 1988; Instituto da Potasa & Fosfato, 1998). No caso deste estudo, porém esses baixos valores de fósforo, na maior parte são atribuídos à pobreza do material de origem.

Tabela 4 – Valores fósforo assimilável e carbono orgânico total dos solos estudados

Horizonte	Profundidade (cm)	P mg kg ⁻¹	CO g kg ⁻¹
LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplúntico			
A	0-28	4	13,05
AB	28-35	2	8,43
B ₁	35-59	2	3,93
B ₂	59-90	2	3,11
Bc ₁	90-120	2	3,08
Bc ₂	120-153	2	2,38
Bc ₃	153 ⁺	2	1,16
Perfil 2 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico			
A	0-14	2	22,65
AC	14-29	1	15,56
AB	29-50	1	13,30
BA	50-67	< LD	10,60
B ₁	67-84	< LD	6,76
B ₂	84-119	< LD	5,01
BC	119-150	< LD	3,52
C ₁	150-182	< LD	1,95
C ₂	182-205 ⁺	< LD	1,20
Perfil 3 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico			
A	0-10	3	25,25
AB	10-30	2	12,20
BA	30-41	1	11,79
Bf ₁	41-64	1	7,18
Bf ₂	64-91	1	5,55
Bf ₃	91-132	1	3,94
F	132 ⁺	Não foram realizadas análises químicas	
Perfil 4 – PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico			
A	0-24	2	20,20
B ₁	24-39	1	9,14
B ₂	39-62	1	4,62
BCg	62-89	1	3,95
Cg ₁	89-101	1	0,59
Cg ₂	101-150 ⁺	1	0,35

P – fósforo assimilável; CO – Carbono orgânico

3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Os resultados das análises das características físicas dos solos analisados são apresentados na Tabela 5.

3.3.1 Composição granulométrica

Foi observado um aumento gradual dos teores de argila com o aumento da profundidade, contrário ao que foi observado em relação ao teor de areia. Nos solos bem drenados (P₁, P₂ e P₃), (Tabela 5), observou-se baixos teores de silte, proporcionando uma baixa relação silte/argila (em geral, inferior a 0,2), em razão do intemperismo mais avançado pelas condições bioclimáticas do ambiente e de melhor drenagem desses perfis. Considerando o limite estabelecido pela Embrapa, (1997) ao caracterizar o grau de intemperismo com base nos valores da relação silte/argila (menor de 0,6 para solos com textura argilosa e menor de 0,7 para solos com texturas médias), de acordo com os resultados obtidos, os solos estudados podem ser caracterizados como sendo muito intemperizados.

Os teores de silte do Plintossolo Háptico (perfil 4) foram elevados em todo o perfil (valores maiores que 200 g kg⁻¹) (Tabela5) correspondente à menor ação dos processos pedogenéticos. Embora os resultados da relação silte/argila a partir dos 39 cm de profundidade corresponda aos limites estabelecidos pelo SiBCS (Embrapa, 1997) para serem caracterizados muito intemperizados. Não deve ser o caso desse solo, visto que outros resultados como os obtidos nas características químicas (cátions, CTC, V), representados nas Tabelas 2 e 3, e nas análises mineralógicas (Figuras 15 e 16), refletiu um menor grau de intemperismo, este motivado pela restrição da drenagem.

3.3.2 Argila dispersa em água e Grau de flocculação

Os maiores valores de dispersão e menores graus de flocculação (oscilando entre 41 - 24 % e 27 - 43 % respectivamente) foram encontrados nos horizontes superficiais de todos os solos estudados (Tabela 5), o que deve estar relacionado à ação dos maiores conteúdos de matéria orgânica (Tabela 4).

Os menores valores de argila dispersa em água com o aumento da profundidade corresponderam aos maiores graus de flocculação, os quais alcançaram valores próximos a cem por cento nas camadas subsuperficiais (Tabela 5). Indicando isso que, a maior parte ou cem por cento das partículas de argila estão flocculadas (Embrapa, 1997), favorecendo uma maior estabilidade dos agregados e por tanto, maior tendência de melhores condições de estruturação. A alta acidez e saturação por alumínio e baixa saturação por bases, pode ser a responsável pelos altos graus de flocculação encontrados.

3.3.3 Densidade de partículas e densidade do solo

Obtiveram-se menores teores de densidade de partículas em todos os horizontes superficiais (Tabela 5), estes relacionados aos maiores conteúdos de matéria orgânica. Nos horizontes Bc₁ e Bc₂ do perfil 2 e nos horizontes Bf₁ e Bf₂ do perfil 3 (Tabela 5), houve aumento marcante na densidade de partículas em consequência da alta densidade de concreções existentes nesses horizontes. Situação similar a estes resultados foi obtida por (Mello, 2003 e Wadt, 2004), em estudos realizados em Plintossolos no estado de Acre.

A densidade do solo (Ds) foi menor nos horizontes superficiais de cada solo avaliado (Tabela 5). Segundo Khiel, (1979), o poder aglutinador que exerce a matéria orgânica sobre as partículas do solo é determinante na diminuição da densidade do solo, a menor penetração das

raízes, menor conteúdo de matéria orgânica e maior compactação das camadas subsuperficiais, contribuem ao aumento da densidade do solo nesses horizontes.

No perfil 4 (Tabela 5) observou-se maior adensamento, quando comparado com os outros perfis estudados. De acordo com Nogueira *et al.*, (2005), o arranjo mais compacto das partículas presentes em solos desenvolvidos em condições de drenagem mais restritas, pode ser um fenômeno pedogenético adquirido durante o processo de formação desse solo decorrente dos ciclos de umedecimento e secagem, ou, pela expansão e contração da massa do solo que proporciona o aumento da densidade.

Tabela 5 - Composição granulométrica e outros atributos físicos dos solos estudados

Horizonte	Profundidade (m)	Composição granulométrica				ADA %	GF	Densidade		Classe textural
		Areia	Silte	Argila	Silte/ argila g kg ⁻¹			Solo mg m ⁻³	Partícula	
LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplúntico										
A	0-28	520	34	446	0,08	35	22	1070	2550	Argilo – Arenosa
AB	28-35	500	43	457	0,09	39	15	1130	2620	Argilo – Arenosa
B ₁	35-59	460	23	518	0,04	1	99	1340	2620	Argilo – Arenosa
B ₂	59-90	453	19	528	0,04	1	99	1360	2630	Argilo – Arenosa
B _{C1}	90-120	428	37	538	0,07	1	99	-	2680	Argila
B _{C2}	120-153	412	33	555	0,06	1	99	-	2690	Argila
B _{C3}	153 ⁺	539	47	411	0,11	1	99	-	2610	Argilo – Arenosa
Perfil 2 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico										
A	0-14	404	70	488	0,14	41	43	1030	2490	Argila
Ac	14-29	442	56	536	0,10	28	24	-	2550	Argila
AB	29-50	411	61	544	0,11	33	39	-	2590	Argila
BA	50-67	349	49	609	0,08	52	14	-	2610	Muito-Argilosa
B ₁	67-84	210	67	723	0,09	1	99	1230	2620	Muito-Argilosa
B ₂	84-119	246	46	710	0,06	1	99	-	2620	Muito-Argilosa
BC	119-150	276	54	670	0,08	0	100	-	2200	Muito-Argilosa
C ₁	150-182	196	140	666	0,21	1	99	1250	2620	Muito-Argilosa
C ₂	182-205 ⁺	236	162	602	0,27	1	99	-	2610	Muito-Argilosa
Perfil 3 – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico										
A	0-10	526	40	434	0,09	25	42	1090	2600	Argilo – Arenosa
AB	10-30	419	67	514	0,13	34	33	1140	2610	Argila
BA	30-41	386	56	558	0,10	36	36	1260	2630	Argila
Bf ₁	41-64	379	42	580	0,07	45	23	1320	2720	Muito-Argilosa
Bf ₂	64-91	365	28	607	0,05	0	100	1300	2720	Muito-Argilosa
Bf ₃	91-132	299	47	654	0,07	0	100	1090	2680	Muito-Argilosa
F	132 ⁺	Não foram realizadas análises químicas								
Perfil 4 – PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico										
A	0-24	407	259	333	0,78	24	27	1220	2500	Franco - Argilosa
B ₁	24-39	256	266	357	0,75	27	25	1480	2500	Franco - Argilosa
B ₂	39-62	291	241	467	0,52	38	19	1450	2550	Argila
BCg	62-89	140	218	641	0,34	17	74	1380	2600	Muito argilosa
Cg ₁	89-101	83	317	599	0,53	49	92	-	2610	Argila
Cg ₂	101-150 ⁺	86	308	605	0,51	33	95	-	2620	Muito argilosa

ADA – Argila dispersa em água; GF – Grau de flocculação

3.4 OS SOLOS

Com base nas análises químicas físicas e morfológicas apresentadas nas descrições gerais e morfológicas, itens (3.4.1 – 3.4.2) e analisando as características complementares para a caracterização de plintossolos ou solos com horizonte plíntico, os perfis estudados foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), como segue:

PERFIL 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico.

PERFIL 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico.

PERFIL 3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico.

PERFIL 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico.

Os resultados obtidos estão diretamente relacionados com a posição que ocupam na paisagem. Na parte mais elevada e melhor drenada encontram-se os solos mais evoluídos (Perfis 1, 2 e 3). Enquanto na área depressional e mal drenada o menos evoluído (Perfil 4).

Nos perfis 1 e 3, as petroplintitas ocorrem a partir dos 90 e 40 cm respectivamente e aumentam de forma significativa na medida em que se avança na profundidade (Figuras 9 e 13). Observa-se que no perfil 2 (Figura 11) ocorre uma maior concentração das petroplintitas nas profundidade dos 14 – 29 cm, formando o horizonte Ac, e uma distribuição menos uniforme desses materiais dentro do perfil, os que se encontram dispersos na matriz em todos os horizontes.

Nos perfis analisados os limites entre os nódulos e a matriz são bem definidos, não entanto, as bordas dos primeiros mostram-se com serrilhamentos e endentados, sugerindo

algum tipo de dissolução, as cores desses materiais são avermelhadas em consequência das altas concentrações de ferro já analisadas anteriormente.

As cores brunadas, amareladas e avermelhadas, (10YR 4/6; 7,5YR 5/8; 2,5YR 5/8) da matriz dos solos dos perfis 1, 2 e 3 juntamente com a presença de petroplintitas, são produto das boas condições de drenagem, enquanto que o perfil 4 está situado em área rebaixada da paisagem com problemas de drenagem, onde as condições de saturação por longo período de tempo, em razão provavelmente, da elevação do nível do lençol freático propiciaram a dissolução e completa remoção do ferro nesse ambiente, resultando na descoloração da matriz e proporcionando colorações variegadas, cinzentas e brancas (5YR 4/1; 5YR 5/1; 10YR 8/2; 10YR 8/1), devido à presença de quartzo e à ausência dos óxidos de ferro que, segundo Kämpf & Curi, (2000), normalmente ocorre nessas condições. As cores avermelhadas (2,5YR 4/8, 10YR 4/8, 10R 4/8, 10YR 4/6) e amarelo avermelhado (5YR 6/8), estão vinculadas à concentração de ferro (plintitas). Como pode ser constatado na descrição morfológica dos horizontes do perfil 4 (3.4.2. D) e nas Figuras 15a e 15b. A presença de plintitas e ausência de petroplintitas refletem, em grande medida, as condições de má drenagem desse ambiente.

Embora não foram obtidos dados neste trabalho para corroborar a origem hidromórficas das petroplintitas dos perfis 1, 2 e 3, a forma irregular, a diminuição nas quantidades e feições ferruginosas em direção às partes superiores dos perfis 1 e 3, e a ausência de material arredondado, são indicativos de condições de drenagem mais restritas em épocas anteriores e permitem inferir que elas foram formadas "in situ" condicionado aparentemente, por mudanças de ΔEh promovido pelo abaixamento ou retirada do lençol freático. Contudo, as camadas de petroplintitas se apresentam de forma que estabelecem como um limite da densidade das concreções entre elas e a matriz do solo (Figuras 9 e 13), e indicam que poderiam ter ocorrido duas situações bem diferentes na formação desses solos. Primeiramente, tal condição reflete até que altura poderia ter chegado o nível das águas

subterrâneas carregada de ferro e, ao se retirarem as condições de hidromorfia, houve maior oxidação do ferro depositado nos sedimentos, de forma que propiciou o endurecimento do material plíntico. Por outro lado, essas capas de concreções podem constituir vestígios de solos lateríticos de águas subterrâneas, que perderam por erosão os horizontes ou parte dos horizontes superficiais. O material plíntico ficou exposto e endureceu, de modo que, formou as plintitas fósseis descritas por Sombroek (1996) e, conseqüentemente, constituíram o material originário desses solos.

As profundidades das trincheiras não permitiram a avaliação do material existente embaixo das petroplintitas dos P1 e P3, para verificar se se trata da seqüência plintita fóssil branda-plintita fóssil dura (Sombroek, 1996). No entanto, se considerarmos que a matriz encontrada entre as plintitas é bem semelhante ao material dos horizontes superiores e que não apresentam material inconsolidado acima das camadas de concreções para ser interpretado como o saprólito do qual se formaria o solo, pode-se deduzir, que as petroplintitas não foram os materiais formadores deles e que tanto eles como as petroplintitas, tenham sido formados a partir dos sedimentos da formação Alter-do-Chão em condições de hidromorfia há milhões de anos e, atualmente, continuam sob os efeitos do intemperismo em boas condições de drenagem.

A irregular distribuição das petroplintitas nos horizontes do perfil 2 refletem diferenciações das condições de oxi-redução no ambiente e por tanto na segregação de ferro. Provavelmente isso é conseqüência da menor influencia do lençol freático ou de hidromorfia menos acentuada devido à posição mais elevada na paisagem. Como esse solo está localizado na borda de encosta, o ferro solubilizado nas áreas mais altas pode ter sido transportado pelo movimento lateral das soluções ricas em ferro que ao chegar às encostas precipitou e formou as petroplintitas (Kämpf & Curi, 2000).

Os processos que condicionaram a formação desses solos são o resultado da combinação de fatores pedoambientais tais como precipitação, temperaturas, relevo e drenagem.

A dissolução do ferro provocada possivelmente pelas condições redutoras às que eles foram submetidos durante sua formação, a podzolização, processo que proporcionou a translocação dos óxidos de ferro e a ferritização (plintização), foram os responsáveis pela acumulação relativa de ferro e conseqüentemente pela formação das plintitas, as quais na medida em que foram melhorando as condições de hidromorfia e o ambiente foi perdendo umidade, foram dando lugar às petroplintitas.

A Formação Alter-do-Chão parece ter exercido grande influência na pedogênese ao proporcionar os sedimentos arenosos – argilosos que constituíram o material de origem pobre em elementos, os quais, sob a influência do intenso intemperismo em condições de alta pluviosidade e boa drenagem dos perfis 1, 2 e 3, favoreceram especialmente a hidrólise e lixiviação muito intensas, gerando perda de bases do perfil de alteração e uma dessilicatização intermediária (monossilatização), originando minerais do tipo 1:1, neste caso, caulinita, que domina com pouca contribuição da goethita e a permanência de um material quartzoso (Figuras 2-6).

Com relação ao perfil 4, o que se mostra mais evidente é a presença de minerais 2:1 na fração argila em todos os horizontes analisados (Figuras 7 e 8) evidenciando a menor ação da pedogênese. A formação das plintitas, e o grau de dureza (brandas) desse material refletem a maior permanência do ambiente redutor e a influência de condições hidrológicas distintas (período secos e encharcados) no processo de formação das plintitas, o acúmulo em profundidade das feições ferruginosas e a ausência de petroplintitas indicam a formação mais recente desse solo e desses materiais.

3.4.1 DESCRIÇÃO GERAL

3.4.1. A- PERFIL 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico

DATA – 04/09/2006

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplântico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Estação Experimental de Caldeirão a 20 m à esquerda no sentido do rio, município de Iranduba, estado do Amazonas. Coordenadas: 3° 15' 35.5" S 60° 13' 15.1" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Antiga piçarreira, aproximadamente 20°, vegetação secundária.

ALTITUDE – 50 GPS

LITOLOGIA – Arenitos e argilitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Alter-do-Chão

CRONOLOGIA – Cretáceo/Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO – Arenitos e argilitos e produtos de alteração do material de origem com enriquecimento de ferro

PEDREGOSIDADE – ausente.

ROCHOSIDADE – ausente.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Laminar, ligeira.

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Equatorial Perenifólia.

USO ATUAL – Jazida de concreções

CLIMA – Köppen Af

DESCRITO E COLETADO POR – Hedinaldo Narciso Lima, Wenceslau Geraldes Teixeira, Cira Hortensia Pérez, Sergio Tavares, Rodrigo Santana.

3.4.2 DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

3.4.2. A- PERFIL 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplúntico

- A 0-28 cm, bruno – amarelado - escuro (10YR 3/4, úmido); bruno – amarelado; bruno - amarelado (10YR 5/4, seco); mosqueado, pouco, pequeno, distinto, argilo-arenosa; blocos subangulares, pequena a média, fraca e moderada, ligeiramente dura, friável; ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição ondulada e difusa.
- AB 28-35cm, bruno–amarelado-escuro (10YR 4/6, úmido); bruno - amarelado (10YR5/4, seco); mosqueado, pouco, pequeno, distinto, vermelho muito escuro- acinzentado (10R 2,5/3); argilo-arenosa; blocos subangulares, pequena a média, fraca a moderada, dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição ondulada e difusa.
- B1 35-59 cm, bruno amarelado (10YR 5/6, úmido); mosqueado, comum, pequeno, distinto, vermelho muito escuro-acinzentado (10R 2,5/3, úmido); argilo-arenosa; blocos subangulares, média a grande, muito dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição horizontal e difusa.
- B2 59-90 cm, bruno - amarelado (10YR 6/8, úmido); mosqueado, comum, pequeno, distinto, vermelho muito escuro-acinzentado (10R 2,5/3, úmido); argilo-arenosa; blocos subangulares, média a grande, moderada, muito dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição horizontal e abrupta.
- Bc1 90-120 cm, bruno - amarelado (10YR 5/8, úmido); concreções, muito freqüente, grande (> 2 cm), duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; argila; mascarada pelas concreções, muito dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição horizontal e gradual.

- Bc2 120-153 cm, bruno - amarelado (10YR 5/8, úmido); concreções, muito freqüente, grande (> 2 cm), duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; argila; mascarada pelas concreções, ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição horizontal e gradual.
- Bc3 153⁺ cm, bruno– amarelado (10YR 5/8, úmido); concreções, dominante, grande (> 2 cm), duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; argilo-arenosa; mascarada pelas concreções, ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.

3.4.1 DESCRIÇÃO GERAL

3.4.1. B- PERFIL 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico

DATA – 04/09/2006

CLASSIFICAÇÃO – Plintossolo Pétrico Concrecionário Típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Estação Experimental de Caldeirão margem esquerda da estrada de acesso á várzea aproximadamente 50 m atrás da igreja, município de Iranduba, estado de Manaus. Coordenadas: 3° 15' 32.2" S 60° 13' 15.7" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Área de quintal, aproximadamente 40°, plantio de sitio associado com vários pés de Tucumã.

ALTITUDE – 60 GPS

LITOLOGIA – Sedimentos da Formação Alter-do-Chão

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Alter-do-Chão.

CRONOLOGIA – Cretáceo/terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO – arenitos e argilitos e produtos de alteração do material de origem com enriquecimento de ferro.

PEDREGOSIDADE – Ligeiramente pedregoso

ROCHOSIDADE – ausente.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Laminar, ligeira.

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Equatorial Perenifólia.

USO ATUAL – Plantio de citros associado com vários pés de Tucumã.

CLIMA – Köppen Af

DESCRITO E COLETADO POR – Hedinaldo Narciso Lima, Wenceslau Geraldtes Teixeira, Cira Hortensia Pérez, Sergio Tavares, Rodrigo Santana.

3.4.2 DESCRIÇÃO MORFOLOGICA

3.4.2.B- PERFIL 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico

- A 0-14 cm bruno-escuro (7,5YR 3/2, seco); concreções, muito pouco, grande, duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; argilo-arenosa; granular, pequena a média, moderada, dura, firme, plástica, ligeiramente pegajosa, transição horizontal e clara.
- A_C 14-29 cm, bruno escuro (7,5YR 3/2, seco); concreções, freqüente, grande, duro, irregular, vermelhas e amareladas, concreções ferruginosas; argila; blocos subangulares pequena a média, moderada, dura, firme, plástica, ligeiramente pegajosa, transição horizontal e difusa.
- AB 29-50 cm bruno (7,5YR 4/4, seco); concreções, pouco, grande, duro, irregular, vermelhas e amareladas, concreções ferruginosas; argila; blocos subangulares, pequena a média, moderada, dura, firme, plástica, pegajosa, transição horizontal e clara.
- BA 50-67 cm bruno forte (7,5 YR 5/6, seco); concreções, pouco, grande, duro, irregular, vermelhas e amareladas, concreções ferruginosas; muito argilosa; blocos subangulares, pequena a média, moderada, blocos subangulares, muito dura, firme, plástica, pegajosa, transição horizontal e clara.
- B₁ 67-84 cm, vermelho (7,5YR 5/8, seco); concreções, freqüente, pequeno, duro, irregular, vermelhas e amareladas, concreções ferruginosas; muito argilosa; blocos subangulares, pequena a média, forte, muito dura, firme, plástica, pegajosa, transição horizontal e clara.
- B₂ 84-19 cm, vermelho (7,5YR 5/8, seco); concreções, pouco, pequeno, duro, irregular, vermelhas e amareladas, concreções ferruginosas; muito argilosa; blocos subangulares, média e grande, moderada, dura, firme, plástica, pegajosa, transição horizontal e gradual.

- BC 119-150 cm, vermelho (2,5YR 5/8); concreções, muito pouco, pequeno, duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; muito argilosa; maciça; dura, firme, plástica, pegajosa, transição horizontal e difusa.
- C1 150-182 cm, vermelho (2,5YR 5/8); concreções, muito pouco, pequeno, duro, irregular, vermelho, argila; maciça; dura, firme, plástica, pegajosa, transição horizontal e difusa.
- C2 182-205+, vermelho (2,5YR 4/6); concreções, muito pouco, pequeno, duro, irregular, vermelho, argila; maciça; dura, firme, plástica, pegajosa.

3.4.1 DESCRIÇÃO GERAL

3.4.1. C- PERFIL 3 PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico.

DATA – 13/10/2006.

CLASSIFICAÇÃO – PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico A moderado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS. Estrada do lago de limão, a 3,5 Km da rodovia AM-070, propriedade do Sr. Waldenor Nascimento de Amorim, Lago de limão, município de Iranduba, estado de Amazonas. Coordenadas: 3° 10' N 60° 20'.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira situada em interflúvio, plano, com capoeira de aproximadamente dois anos.

ALTITUDE – n.d

LITOLOGIA - Arenitos e argilitos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Alter-do-Chão.

CRONOLOGIA – Cretáceo/Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos inconsolidados da formação Alter-do-Chão.

PEDREGOSIDADE – Algumas concreções na superfície.

ROCHOSIDADE – ausente.

RELEVO LOCAL – plano.

RELEVO REGIONAL – Ondulado/Suave ondulado.

EROSÃO – Laminar, ligeira.

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Equatorial Umbrófila.

USO ATUAL – Capoeira de aproximadamente 2 anos.

CLIMA – Köppen Af.

DESCRITO E COLETADO POR – Hedinaldo Narciso Lima, Wenceslau Geraldes Teixeira, Sergio Tavares, Rodrigo Santana.

3.4.2 DESCRIÇÃO MORFOLOGICA

3.4.2.C- PERFIL 3 PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico.

- A 0-10 cm, bruno – amarelado- escuro (5YR 3/4 úmido); concreções, pouco, pequeno, duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; argilo-arenosa; granular, média, moderada, ligeiramente dura, friável, plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- AB 10-30 cm, vermelho amarelado (5YR 5/6 úmido); concreções, pequeno e grande, duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; argila; blocos subangulares, média e grande, moderada, pegajosa; transição plana e gradual.
- BA 30-41 cm, vermelho amarelado (5YR 4/6 úmido); concreções, pouco, pequeno, duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; argila; blocos subangulares, média a grande, moderada, ligeiramente macia, friável, ligeiramente plástica, pegajosa; transição plana e gradual.
- Bf₁ 41-64 cm, bruno forte (7,5YR 5/8 úmido); concreções, muito freqüentes, pequeno e grande, duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; argila; blocos subangulares, macia, friável, ligeiramente plástica, pegajosa; transição plana e gradual.
- Bf₂ 64-91 cm, amarelo avermelhado (7,5YR 6/8 úmido); concreções, muito freqüentes, pequeno e grande, duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; muito argilosa; pequena, fraca, blocos subangulares, macia, friável, ligeiramente plástica, pegajosa; transição plana e gradual.
- Bf₃ 91-132 cm amarelo avermelhado (7,5YR 6/8 úmido); concreções, muito freqüentes, pequeno e grande, duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; muito argilosa; granular, muito pequena, macia, forte, friável, ligeiramente plástica, pegajosa, transição plana e gradual.

F 132⁺ cm, amarelo avermelhado (7,5YR 6/8 úmido); concreções, dominante, pequeno e grande, duro, irregular, vermelho, concreções ferruginosas; argila; granular, muito pequena, forte, macia, friável, ligeiramente plástica, pegajosa.

RAÍZES: Comuns e > 0,2 cm no horizonte A; comuns e pequenas no horizonte AB; poucas e pequenas nos horizontes BA e Bc₁; raras e pequenas no horizonte Bc₂ e ausentes nos horizontes Bc₃ e camada F.

3.4.1 DESCRIÇÃO GERAL

3.4.1. D- PERFIL 4 PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico

DATA – 13/10/2006.

CLASSIFICAÇÃO – PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Iranduba, estado do Amazonas. Coordenadas: 3°15'N 60°12'S.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira situada em área depresional.

ALTITUDE – n.d

LITOLOGIA – Arenitos e argilitos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Solimões.

CRONOLOGIA – Terciário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos inconsolidados da formação Solimões.

PEDREGOSIDADE – ausente.

ROCHOSIDADE – ausente.

RELEVO LOCAL – planície de inundação- plano.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – não aparente.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Equatorial Umbrófila.

DRENAGEM – mal drenado.

USO ATUAL – capoeira.

CLIMA – Köppen Af

DESCRITO E COLETADO POR - Hedinaldo Narciso Lima, Wenceslau Geraldes Teixeira, Sergio Tavares, Rodrigo Santana.

3.4.2 DESCRIÇÃO MORFOLOGICA

3.4.2.D- PERFIL 4 PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico

- A 0-24 cm bruno – amarelado escuro (5YR 3/2 úmido); mosqueado, pouco, pequeno, distinto, vermelho (2,5YR 4/8); franco argiloso; blocos subangulares, fraca a moderada, dura, friável, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara.
- B₁ 24-39 cm, apresentando coloração variegada, composta de cinzento escuro (5YR 4/1), vermelho (2,5YR 4/8), bruno forte (7,5YR 4/6) úmido; mosqueado, pouco, pequeno, distinto, vermelho (2,5YR 4/8) franco-argilosa; blocos subangulares, media a grande, fraca, friável, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual.
- B₂ 39-62 cm, apresentando coloração variegada, composta de vermelho (2,5YR 4/8), úmido, distinto, cinzento (5YR 5/1 úmido); argila; blocos subangulares, media a grande, fraca, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso, transição plana e clara.
- BCg 62-89 cm, apresentando coloração variegada, composta de branco (10YR 8/2), úmido, vermelho (10YR 4/8), amarelo avermelhado (5YR 6/8) úmido; muito argilosa; maciça, friável, plástico pegajoso; transição plana e gradual.
- Cg₁ 89-101 cm, apresentando coloração variegada, composta de branco (10YR 8/1) úmido, vermelho (10YR 4/6 úmido), amarelo avermelhado (5YR 6/8) úmido; argila; maciça, friável, ligeiramente plástico, pegajoso; transição plana e difusa.
- Cg₂ 101-150⁺ cm, branco (5Y 8/1 úmido); mosqueados, abundante, médio e grande, distinto vermelho (10YR 4/6 úmido); muito argilosa; maciça, friável plástico, pegajoso.

Raízes: poucas e pequenas nos horizontes A, Bf₁ Bf₂; ausentes nos horizontes Bcg, Cg₁ e Cg₂.

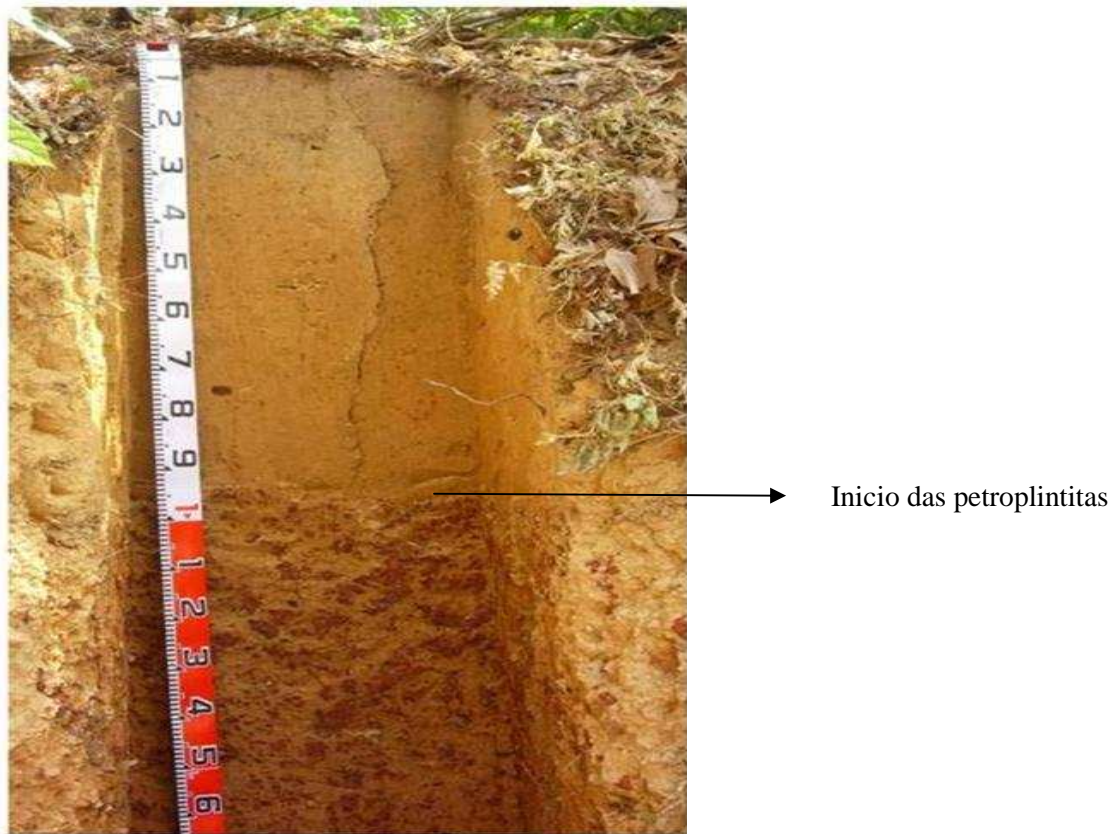


Figura 9 – Perfil 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico. (Estação experimental da EMBRAPA Amazônia Ocidental, Caldeirão - Iranduba – AM). Foto: H.N. Lima, (2006).



Figura 10 - Aspecto da paisagem sobre Perfil 1. LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico. (Estação experimental da EMBRAPA Amazônia Ocidental, Caldeirão Iranduba – AM). Foto: H.N. Lima, (2006).

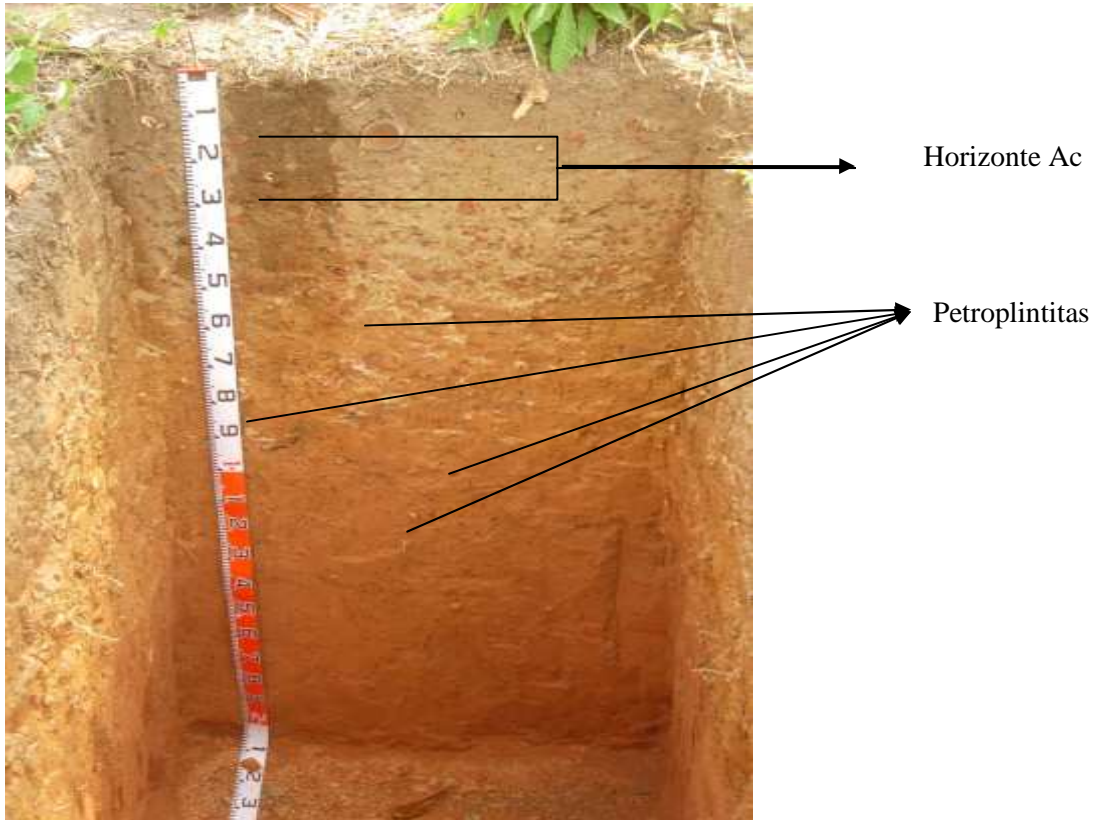


Figura 11 – Perfil 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Distrófico petroplíntico. (Estação experimental da EMBRAPA Caldeirão – Iranduba - AM). Foto: H.N. Lima, (2006).



Figura 12 – Aspecto da paisagem sobre Perfil 2. PLINTOSSOLO PÉTRICO Distrófico petroplíntico. (Estação experimental da EMBRAPA Ocidental, Caldeirão - Iranduba – AM). Foto: H.N. Lima, (2006).

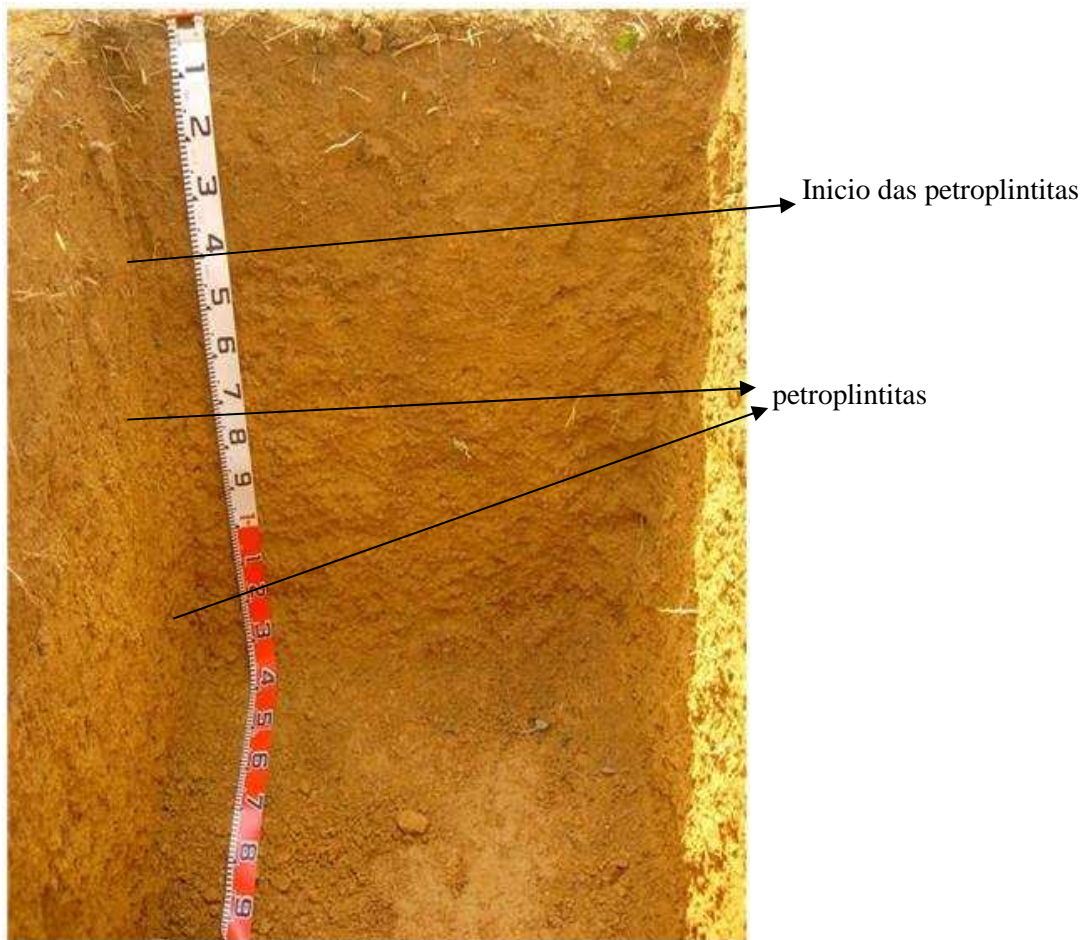


Figura 13 – Perfil 3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Lago de Limão - Iranduba – AM). Foto: H.N. Lima (2006).



Figura 14 – Aspecto da paisagem sobre Perfil 3. PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico. (Lago de limão - Iranduba – AM). Foto: H.N. Lima (2006)



Figura 15a – Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico (Lago de limão – Iranduba - AM)
Foto: H.N. Lima (2006).



Figura 15b – Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico (Lago de limão – Iranduba - AM).
Foto: H.N. Lima (2006).



Figura 15c – Aspecto da paisagem sobre Perfil 4. PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico (Lago de limão – Iranduba- AM). Foto: H.N. Lima (2006).

3.4.3 Uso e manejo de Plintossolos e/ou solos com plintitas

A despeito das restrições químicas e físicas ao cultivo, decorrentes da pobreza em nutrientes, da acidez elevada e do alumínio trocável alto, da presença de petroplintita ou do excesso de água no perfil do solo, têm-se constatado algumas áreas dedicadas à exploração de fruteiras, de culturas anuais, fundamentalmente mamão e arroz, além de mandioca, e em implantações de sistemas agroflorestais (Figuras 12 e 14).

As áreas onde predominam os Plintossolos ou solos com petroplintitas também são muito utilizadas para retirada de material empregado na pavimentação das estradas (Figura 10) e fabricação de tijolos, responsável por grandes impactos ambientais e sérios problemas de erosão, sendo necessária maior atenção do ponto de vista conservacionista.

O uso em grande escala dos solos com drenagem deficiente necessita do emprego de técnicas de drenagem, a serem manejadas com muito cuidado para que não haja ressecamento excessivo e, conseqüentemente, endurecimento da plintita, de modo a causar impedimento mecânico ao escoamento natural das águas e ao desenvolvimento de raízes das plantas cultivadas.

4 CONCLUSÕES

1. O Plintossolo Háptico representa um ambiente de perda de ferro da matriz.
2. As análises granulométricas refletiram predominância da fração argila sobre as frações silte e areia.
3. O relevo foi o principal fator de formação desses solos, condicionando as diferenças de drenagem e da ação da pedogênese.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, L.T. & CADY, J.G. **Genesis and hardening of laterite in soils**. Washington, Soil conservation Service, United States Department of Agriculture, 1962. (Technical Bulletin, 1282p).
- BATISTA, M. de A & SANTOS, M.C. dos. Morfologia e gênese de dois solos com plintita da região Meio-Norte do Brasil, 1995.
- BIZZI, L.A; SCHOBENHAUS, C; VIDALTI, R.M; GONÇALVES, J.H. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil – Brasília: CPRM – Serviço geológico do Brasil, 2003. 692p.
- BUCKMAN, HARRY O. Natureza e propriedades de dos solos; compêndio universitário.
- BRADY, N. C. Natureza e propriedades dos solos. 7ª edição. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989, 878p.
- CHEN PEI-YUAN. Table of key lines in x-ray powder diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks. DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. GEOLOGICAL SURVEY. STATE OF INDIANA, 1997.
- COELHO, M.R; SANTOS, H.G; De Oliveira, R.P: Cultivo de arroz irrigado em Tocantins. Embrapa Arroz e Feijão. Sistema de Produção, N.3 ISSN 1679 – 8869.
- SILVA, C. Lima da. Análise da tectônica cenozóica da região de Manaus e adjacências. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. – Rio Claro : [s.n.], 2005. 282 f.
- COELHO, M.R. & VIDAL-TORRADO, P. Caracterização e gênese de perfis plínticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru. I – Química. Revista Brasileira da Ciência do Solo, 27: 483-494. 2003.
- CFSMG (Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., editores. – Viçosa, MG, 1999. 359p.: il.
- COFFIN, D.E. A method for the determination of free iron in soils and clays. Can. J. Soil Sci. Ottawa, 43:7-17, 1963.
- COSTA, J.V. Caracterização e constituição do solo. Fundação Calouste Gulbenkian. Serviço de Educação e bolsas. 7ª edição, av. de Berna/Lisboa. 2004. 527p.
- DUARTE, M.N; CURI, N; PÉREZ, D.V; KAMPF, N; CLAESSEN, M.E.C. 2000. Mineralogia, química e micromorfologia de solos de uma microbacia nos tabuleiros costeiros do Espírito Santo. Pesquisa Agropecuária Brasileira?, Brasília, v.35, n.6 p.1237-1250.
- DRIESSEN, P.M & DUDAL, R. (Eds) lecture notes on de geograplay formation, properties and use of the major soils of the world. Agricultural University Wageningen – Katholieke Universiteit Leuven, 1989.296p. Disponível em:

- http://translate.google.com/translate?hl=ptBR&sl=en&u=http://www.fao.org/DOCREP/003/Y1899E/Y1899E00.HTM&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3D%2522Driessen%2522%2B%2522Major%2BSoils%2B*%2B*%2BWorld%2522%26hl%3Dpt-BR%26lr%3D. Acessado em 25 setembro de 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Levantamento e reconhecimento de média de intensidade dos solos e avaliação de aptidão agrícola das terras do Pólo Juruá-Solimões. Amazonas. Ministério da agricultura e do abastecimento. Embrapa Solos, Boletim de pesquisa nº 2, 1999. Disponível em: <http://WW..cnps.embrapa.br> acessado em 22 agosto de 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 2006. 306p.
- FALESI, I.C. Estado atual de conhecimentos de solos da Amazônia brasileira. Simpósio do trópico úmido, 1. Belém, 1984. **Anais...** Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986. P.168 - 191.
- GHIDIN, A. A. *et al.* Toposequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. I – mineralogia da fração argila. Revista Brasileira da Ciência do solo. Vol.30 no. 2. 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Manual técnico de pedologia. 2.ed. Rio de Janeiro : IBGE - Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2005. 300 p.
- INSTITUTO DA POTASA & FOSFATO. Manual internacional da fertilidade de solo / Tradução e adaptação de Alfredo Lopes. - 2 ed., ver. E ampl. - Piracicaba: Potafos, 1998. 177p. : il.
- KÄMPF, N.; CURTI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambientes pedogenéticos e geoquímicos. In: Tópicos em Ciência do Solo. NOVAIS, R.F.; ALVARES V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Eds). Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2000. P.107-138.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia. Relações solo-planta. Editora Agronômica Ceres. São Paulo. 1979. 262p.
- KLAR, A. E. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo: Nobel 1984.
- LEITE, J.B. Caracterização e classificação de alguns perfis de solos concrecionários lateríticos, nos municípios de Cuiabá e Várzea Grande – MT. Tese de Mestrado, 1998.
- LIMA, H. N. Gênese, química mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental/ Hedinaldo Narciso Lima. – Viçosa: UFV, 2001. 176p. : il.
- LIMA, H.N; MELLO, VARGAS, J.W. DE; SCHAEFER, C.E; KER, J.C & LIMA, M. Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia ocidental. Revista Brasileira da Ciência do Solo, 30:59-68, 2006.

- LUCAS, Y.; LUIZAO, F.J.; CHAUVEL, A.; ROUILLER J., NAHON, D. 1993. The relation between biológica activity of the rain forest and mineral composition of soils. **Science**, v. 260, p.521-523.
- LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O; LENZI, E. Fundamentos de química de solo. Rio de Janeiro. 2001. P.111-112.
- McFARLANE, M.J. Laterite and Landscape. New York, Academic Press, 1976. 151p.
- MARQUES, P.L; LIBARDI, P.L.; LIER, Q.J.V. Relação entre horizontes pedológicos e propriedades hidráulicas em dois Latossolos. 2002. Revista Brasileira da Ciência do Solo, 26:567-577.
- MARTINS, A.K.E, *et al.* Relações solo geo-ambiente em áreas de ocorrência de Ipucas na planície do médio Araguaia – Estado de Tocantins. 2006. Revista Árvore, Viçosa- M.G, v.30 n.2, p.297-310.
- MEURER, E. J. 2000. Fundamentos de química de solos. 2^{da} edição, Porto Alegre: Genesys, 2004.
- MELLO, A. W. FLORES DE. Avaliação do estoque e composição isotópica de carbono do solo do Acre. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz. Piracicaba, 2003.
- NOGUEIRA, A.J. DA S; CABEDA, M.S.V; WANDERLEY, J.F; LIMA. F. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Argissolo Amarelo de Tabuleiro Costeiro, 2005. Revista Brasileira da Ciência do Solo, 29:833-842.
- OLIVEIRA, J.B; JACOMINE, P.K.T; CAMARGO, M.N: Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para o seu reconhecimento. Jaboticabal, Funep, 1992. 201p.
- RADAMBRASIL. FOLHA SA20 MANAUS. VOL.18. Pedologia. Rio de Janeiro, 1977. Ministério de Minas e Energia – Departamento Nacional da Produção Mineral. Levantamentos de recursos Naturais.
- RESENDE, M. pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações. Brasília: Ministério de Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p
- RESENDE M. *et al.* Pedologia: base para a distinção de ambientes – 4. ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338p.
- RESENDE, M. *et al.* Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações / por Mauro Resende *et al.* – Lavras: Editora UFLA, 2005. 192p. : il.
- RODRÍGUEZ, T.E, *et al.* Solos da Amazônia. I N. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa, SBCS, 1996. p. 19-60.
- SANTOS, M.C. dos e BATISTA, M. de A. Avaliação física, química e mineralógica em solos plúnticos da região Meio-Norte do Brasil, submetidos a teste de umedecimento e secagem. Revista Brasileira da Ciência do Solo. Campinas, 20:21-31. 1996.
- SANTOS, R.D. *et al.*, dos. Manual de descrição e coleta. 5^a Ed. revista e ampliada viçosa, Sociedade Brasileira da Ciência do solo, 2005.

- SCHAEFER, C.E.G.R; LIMA, H.N; VALE, JÚNIOR, J.F.; MELLO, J.W.V. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, ser. Cien. da Terra**, 12:63-104, 2000.
- SCHWERTMANN, U. Differenzierung der eisenoxide des bondes durch photochemische extraktion mit saurer ammonium-oxalat-Lösung. Z. Pflanzenernähr. **Bodenk**, 105:194-202, 1964.
- SCHWERTMANN, U.; KODAMA. H. E FISCHER. W.R. Interações entre compostos orgânicos e óxidos de ferro. Parcialmente traduzido e adaptado de: Mutual Interactions Between organics and iron oxides. In: Huang,P. M. e Schinitzer, M. Interactions of soil mineral switch natural organics and microbes. SSSA, Madison, 1986.
- SCHOBENHAUS, C; CAMPOS de ALMEIDA, D; DERZE, G. R; ASMUS, H.E. Geologia do Brasil. Brasília. Departamento nacional de produção mineral, 1984. 501p.
- SILVA, C.L, da. Análise da tectônica da região de Manaus e adjacências. / Clauzinor Lima da Silva.- Rio Claro:[s.n.], Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista. 2005.
- SOARES, M.F. Caracterização química e mineralógica de concreções ferruginosas de alguns solos brasileiros. Viçosa.Imprensa Universitária da U. F. V. 1985.62p. (Dissertação de mestrado em solos e nutrição de plantas da Universidade Federal de Viçosa-MG).
- SOMBROEK, W.G. Amazon soils. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. 1996. 292p.
- SPERA, S.T; et al. Solos e aptidão agrícola das terras da Bacia do Olaria. Planaltina D. F. Comunicado Técnico Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento / Embrapa Cerrados. 2003.
- SPERA, S.T. Aptidão agrícola das terras da Bacia Hidrográfica do Riberão Taguatinga, Distrito Federal _ Planaltina. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento/ Embrapa Cerrados, ISSN 1676-9814; N.126. Embrapa Cerrados, 2004.
- TEIXEIRA, W. G. Land use effects on soil physical and hydraulic properties of a clayey Ferralsol in the Central Amazon.Vol. 72. Bayreuth Bodenkundliche Berichte. Bayreuth, Alemanha 2001. 255 p.
- TEIXEIRA, W. et al. Decifrando a terra. São Paulo: Oficina de textos. 2000. 568p.
- TUCI, C.A.F. Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia. Viçosa, UFV, 1991. 142p.
- UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. USDA. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Soil Survey Investigations Report No. 42 Version 3.0, 1996. 693p.
- VIEIRA, L.S; SANTOS, P.C.T. Amazônia: seus solos e outros recursos naturais. Ed. Agronômica, São Paulo Ceres. 1987.
- WADT, P. G. S. Estoque de carbono em um PLINTOSSOLO ARGILÚVICO da formação Solimões, Amazônia, Brasil/ Paulo Guillermo Salvador Wadt. – Rio Branco: Embrapa Acre, 2004.

WHITTIG, L.D., ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: Klute, A., ed. **Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.331-362.