

# Atributos químicos, físico-hídricos e mineralogia da fração argila em solos do Baixo Amazonas: Serra de Parintins<sup>1</sup>

Jean Dalmo de Oliveira MARQUES<sup>2</sup>, Wenceslau Geraldes TEIXEIRA<sup>3</sup>, Ana Maria REIS<sup>4</sup>, Orlando Ferreira Cruz JUNIOR<sup>5</sup>, Salomão Marialva BATISTA<sup>6</sup>, Maria Amália Castelo Branco AFONSO<sup>7</sup>

## RESUMO

Estudos sobre os atributos dos solos amazônicos geram informações para compor um levantamento atual sobre suas condições frente às várias formas de alterações que estão sujeitos. O objetivo deste trabalho foi descrever e avaliar a evolução química, físico-hídrica, bem como a mineralogia de Latossolos no Baixo Amazonas como forma de entender as variações desses atributos em diferentes coberturas vegetais. Coletaram-se amostras deformadas e indeformadas para análises físicas, químicas, mineralógicas e hídricas, em dois pontos de uma topossequência na Serra de Parintins: platô e vertente, sendo três perfis de solo em cada posição. Os resultados obtidos demonstraram que a floresta predominante sobre os perfis do topo e vertente promove condições físicas e hídricas adequadas para uma boa agregação, maior intensidade de poros grandes, maior condutividade hidráulica saturada (Ko) e melhor retenção hídrica dos solos. Fato semelhante ocorrendo com as áreas de capoeira, apresentando boa permeabilidade, porosidade e retenção de água no solo. O acúmulo de carbono é maior dos perfis da vertente, decrescendo em profundidade, relacionando-se diretamente com Ko e com o sistema radicular. A análise mineralógica da fração argila indicou a caulinita como argilomineral predominante, seguido pelos minerais gibbsita, goethita, quartzo e anatásio, não havendo variações ao longo da paisagem. A Serra de Parintins possui um solo pobre em nutrientes, ácido, com textura média a muito argilosa com acúmulo de plintita nos horizontes subsuperficiais, evitando o fenômeno de terras caídas. Um gradiente elevado de umidade volumétrica é observado nos horizontes subsuperficiais, havendo mais água retida, quando comparado com horizontes superficiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Serra de Parintins, solos da Amazônia, condutividade hidráulica, retenção de água

## Chemical, physical and hydric attributes and mineralogy of clay fractions in soils of lower Amazon: Serra de Parintins

### ABSTRACT

The latest studies of attributes of soil of the Amazonian ecosystems provide information to make up a survey on these soil conditions in the face of several forms of changes they are submitted. This work aimed to describe and evaluate physical and hydric evolution as well as soil mineralogy in lower Amazon in order to comprehend variations of these attributes in different vegetative covers. Deformed and non-deformed samples were collected for physical, chemical, hydric and mineralogical analyses, respectively in two points of a topographic sequence in Serra de Parintins: plateau and watershed, being showed three profiles of soil in each position. The results showed that predominant forest of the plateau and watershed profiles provide proper physical and hydric conditions for a good aggregation, higher intensity of large pores, larger saturated hydraulic conductivity (Ko) and better hydric retention of soils. Similar fact occurs in secondary forest, presenting such areas good permeability, porosity and water retention in soil. Carbon accumulation is higher in watershed profiles, decreasing in depth and relating directly with Ko and root system. Mineralogical analysis of clay fraction points kaolinite as predominant followed by gypsum, goethite, quartz and anatase, showing no variations along landscape. Serra de Parintins has poor acid clay soil of medium texture accumulating plintite on subsurface horizons, avoiding the phenomenon of terraços. A high gradient of volumetric humidity is observed on subsurface horizons, showing water retention when compared to surface horizons.

**KEYWORDS:** Serra de Parintins, Amazonian soils, hydraulic conductivity, water retention.

<sup>1</sup> Projeto Financiada pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, processo no 811/04

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA-V8. Departamento de Ecologia, Avenida. Efigênio Sales, no 2239, Aleixo, CEP: 69.060-020, Manaus - AM. e-mail: jdomarques@hotmail.com

<sup>3</sup> Embrapa Amazônia Ocidental. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental – Manaus – AM). e-mail: lau@cpaa.embrapa.br

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/UEA. e-mail: areisreis@hotmail.com

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/INPA. Laboratório Temático de Solo e Planta - LTSP. e-mail: ortlando@inpa.gov.br

<sup>6</sup> Centro de Estudos Superiores de Parintins/CESP/UEA - Parintins - AM). e-mail: salomão\_batista@yahoo.com.br

<sup>7</sup> Universidade Federal do Amazonas – UFAM. e-mail: amalia3@bol.com.br

## INTRODUÇÃO

Na Amazônia, a interferência humana tem provocado inúmeras mudanças nos processos que controlam a sustentabilidade de seus ecossistemas (Fearnside, 1996), sendo o desmatamento uma ameaça mais grave para a conservação dos recursos naturais, já que provoca distúrbios em vários estágios da regeneração natural, como nas perdas das funções da floresta na ciclagem de água (Lean *et al.*, 1996). Todas essas formas de alteração no meio podem alterar as propriedades físico-hídricas do solo. Além disso, pesquisas indicam que o desmatamento leva à perda dos serviços ambientais, que têm um valor maior que os usos pouco sustentáveis que substituem a floresta. Estes serviços incluem a manutenção da biodiversidade, da ciclagem de água e dos estoques de carbono que evitam o agravamento do efeito estufa (Fearnside, 2006).

O Estado do Amazonas, com 1,6 milhões de km<sup>2</sup> apresenta em torno de 90% de Latossolos e Argissolos distróficos (Vieira & Santos, 1987). No geral, os solos de terra firme (especificamente o Latossolo Amarelo) sob floresta primária, são pobres em nutrientes, profundos, bem drenados com boa capacidade de retenção de água e permeabilidade, e com baixa CTC (Ferreira, 2006).

O estudo das relações entre solo e ecossistemas tem se mostrado importante para a compreensão, conservação e manejo dos recursos naturais. O solo mantido sob vegetação nativa apresenta atributos físicos com permeabilidade, estrutura, densidade e porosidade adequados ao desenvolvimento normal das plantas (Andreola *et al.*, 2004). À medida que o solo sofre mudanças na sua forma, origina alterações desfavoráveis nos seus componentes físicos, no desenvolvimento radicular e armazenamento de água. Uma prática comum na Amazônia é a derrubada e queima da floresta para instalação de roças com culturas anuais e perenes. Depois de no máximo quatro anos de plantio, a produtividade dos cultivos diminui na maioria dos solos, sendo necessário descansá-los com o intuito de melhorar a sua fertilidade e condição física.

O conhecimento das características físicas e hídricas das classes de solo que compõem áreas representativas da Amazônia Central têm avançado lentamente. No passado, alguns estudos foram desenvolvidos em topossequência representativas em sítios experimentais visando caracterizar Latossolos e sua evolução (Bravard & Righi, 1988; 1991). Mais recentemente, trabalhos sobre atributos físico-hídricos do solo (Tomasella & Hodnett, 1996; Teixeira, 2001) relatam a importância desses estudos para o conhecimento de impactos e alterações do uso, no ciclo hidrológico e na conservação do solo.

Levando em consideração a importância do conhecimento da dinâmica dos solos amazônicos, o objetivo deste trabalho foi descrever e avaliar a evolução química, físico-hídrica, bem como a mineralogia de Latossolos que compõem a Serra de

Parintins como forma de entender as variações desses atributos em áreas com diferentes coberturas vegetais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Município de Parintins, Lago da Valéria, em solos situados na Serra de Parintins (Quadro 1).

Quadro 1 – Localização dos perfis de solos amostrados

Perfis	Tipo de Solo	Posição	Vegetação	Coordenadas Geográficas
P1	LAd	Platô	Floresta densa	02°26'43"S e 56°26'52"W
P2	LAd	Platô	Capoeira – 7 anos	02°26'45"S e 56°26'53"W
P3	LAd	Platô	Capoeira – 3 anos	02°26'57"S e 56°26'51"W
P4	LVd	Vertente	Floresta aberta	02°27'07"S e 56°26'54"W
P5	LVda	Vertente	Floresta aberta	02°27'07"S e 56°26'53"W
P6	LVd	Vertente	Floresta aberta	02°27'05"S e 56°26'57"W

Os perfis estudados apresentam diferentes coberturas vegetais (floresta densa, capoeira com sete anos, capoeira com 1 ano e floresta aberta) apresentam variações na textura, densidade, porosidade e na química do solo em função da posição na paisagem. Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Afi, caracterizado por apresentar precipitação média anual de 2420 mm, com 295 mm mensais, de março a abril, e 105 mm mensais, de agosto a setembro (Embrapa, 1984).

Seis perfis foram abertos ao longo de uma evolução de solos, com dimensão de 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m para a descrição morfológica (Lemos & Santos, 1996), e sua classificação foi baseada no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). Coletaram-se amostras com estrutura deformada ao longo dos horizontes pedogenéticos identificados; para as determinações físicas e químicas até 1,5 m de profundidade. A densidade do solo ( $\rho$ ) foi determinada a partir de amostras indeformadas, utilizando anéis volumétricos. A determinação da densidade de partículas foi realizada pelo método do picnômetro, conforme metodologia descrita no manual de métodos de análise físicas da Embrapa (1997).

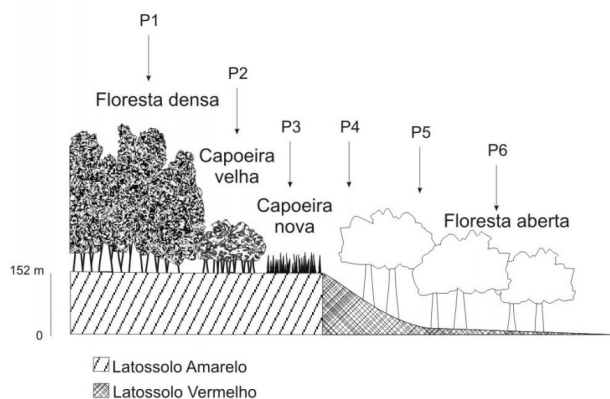
A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (Embrapa, 1997), utilizando-se 50 g de solo. As amostras foram dispersas em soluções aquosas de pirofosfato de sódio (6 kg m<sup>-3</sup>) e hidróxido de sódio (4 kg m<sup>-3</sup>), por agitação lenta durante 16 h. As frações grosseiras (areia fina e grossa) foram separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde

ao complemento dos percentuais para 100%, foi obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

A mineralogia da fração argila foi caracterizada por difração de raios-X (DRX), com auxílio do equipamento SHIMADZU – XRD 6000. A fração argila foi submetida à ultrason para desagregar aquelas presas aos grãos de quartzo. As amostras foram previamente submetidas à eliminação da matéria orgânica e óxidos de ferro, adicionando-se  $H_2O_2$ , por um tempo de 30 h. Cada amostra foi centrifugada três vezes. Com a fração argila separada, procedeu-se a pipetagem para confeccionar as lâminas para análise. A análise de DRX teve um tempo de 1h e 20 min por amostra, com leitura de varredura  $2\theta/\text{min}$  com leituras entre  $5^\circ$  e  $65^\circ$ .

As análises químicas foram: pH em água, P, K, Ca, Na, Mg, Al, C, N, Fe, Zn, Mn, Cu e matéria orgânica (Embrapa, 1999). A determinação do fósforo disponível foi realizada através de método colorimétrico, empregando espectrofotômetro UV visível 1240, marca SHIMADZU, sendo a extração realizada com solução duplo-ácido (HCl 0,05 M +  $H_2SO_4$  0,0125 M). Os elementos potássio, cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; a extração desses elementos foi realizada com duplo ácido e KCl 1N.

O estudo da retenção foi realizado a partir da coleta de amostras com estrutura indeformada que foram coletadas com auxílio de amostrador tipo Uhland, com anéis volumétricos de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro. Cada uma das amostras foi submetida às tensões: 1, 2, 3, 4, 6, 10, 30, 50, 100, 500 e 1500 kPa. Os equipamentos utilizados na determinação da curva de retenção foram a mesa de tensão (Embrapa, 1997), com a qual foram obtidas as tensões 1, 2, 3, 4 e 6 kPa, e câmaras de pressão, para as tensões 10, 30, 50, 100, 500 e 1500 kPa. Após o equilíbrio, as amostras foram pesadas, determinando-se, posteriormente, o seu conteúdo de água.



**Figura 1** - Esquema demonstrativo da classe de solo e cobertura vegetal predominante na topossequência.

O método para determinar a permeabilidade ( $K_0$ ) foi o do permeâmetro de carga constante (Youngs, 1991), utilizando-se amostras indeformadas, sendo coletado um total de 125 amostras, sendo 05 amostras em cada horizonte pedológico. Utilizou-se um amostrador de solo tipo Uhland, com anéis volumétricos, de 0,072 m de altura e 0,069 m de diâmetro.

A análise do comportamento hidráulico no solo também foi realizada dentro de cada horizonte. As análises estatísticas foram efetuadas com a utilização do Programa Systat 8.0 (Wilkinson, 1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados das análises físicas e químicas dos solos ao longo da topossequência. O teor de matéria orgânica decresce em profundidade (Tabela 2), sendo o seu maior conteúdo encontrado na superfície devido à incorporação de resíduos vegetais no solo, refletindo nos maiores valores de fósforo e soma de bases na superfície. Os níveis de  $Na^+$ , Ca, Mg, K e P (Tabela 2) foram baixos, provavelmente devido ao intemperismo sobre esta região (Jordan, 1986). A diminuição da matéria orgânica em profundidade deve ser um dos fatores que interferem nos valores de densidade do solo (Tabela 1). A capacidade de troca de cátions (T) decresceu em profundidade, em todos os perfis (Tabela 2). Observa-se, ainda, baixa saturação por base (V%) e alta saturação por alumínio (m), fato comum em solos originados desses sedimentos argilosos. Os maiores teores de P e K foram observados nos perfis da vertente (Tabela 2), provavelmente, em função da cobertura vegetal e intensidade de raízes (Tabela 3). Um das fontes de K são os exudatos de raízes em sistemas cobertos por vegetação (Stallard & Edmond, 1981). O ânion fosfato também tem a sua origem a partir de componentes terrestres, derivados de partículas biológicas, como exudatos de raízes e reciclagem da serrapilheira (Berner & Berner, 1987).

A análise granulométrica revelou heterogeneidade na distribuição do tamanho das partículas, havendo aumento no teor de argila com a profundidade em todos os perfis estudados (Tabela 1). Os perfis foram classificados como de textura argilosa nos horizontes dos Latossolos Amarelos e textura média na superfície do Latossolo Vermelho argissólico e Latossolo Vermelho, evoluindo para argilosa e muito argilosa, nas maiores profundidades (Tabela 3). Os valores de densidade do solo ( $\rho$ ) apresentaram comportamento similar ao da textura, com aumento em profundidade, sendo os menores valores encontrados nas camadas superficiais dos solos sob ambiente de floresta aberta (Tabela 1).

Pelas descrições macromorfológicas (Tabela 3), os perfis demonstram estruturação fraca a moderada, sendo forte no P6 em decorrência da presença da laterita. A consistência desses Latossolos variou de macio a dura, quando secos, muito friável e friável, quando úmidos; não plástico, plástico, ligeiramente

**Tabela 1** - Distribuição granulométrica, densidade dos sólidos e do solo, porosidade nos horizontes dos perfis da topossequência, Serra de Parintins-AM.

Prof. (m)	Hor	Areia			Silte	Argila Total	$\rho$	$\rho_s$	Porosidade			Condutividade Hidráulica Saturada * (Ko)
		Grossa	Fina	Total					Total	Ma	Mi	
		g kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>		kg m <sup>-3</sup>		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>		(cm.dia <sup>-1</sup> )	
P1 - LAd - Latossolo Amarelo distrófico – Floresta densa – Platô												
0,00 – 0,16	A1	10,8	8,7	19,5	149,5	831	670	2320	0,71	0,35	0,36	3,34a±0,15
0,16 – 0,46	AB	8,2	9,2	17,5	129,5	853	900	2470	0,63	0,25	0,38	2,89b±0,09
0,46 – 0,65	Bw1	7,8	7,8	15,7	97,3	887	1040	2470	0,58	0,18	0,40	2,65c±0,19
0,65 – 1,50 +	Bw2	9,8	5,1	14,9	65,0	920	1130	2500	0,55	0,14	0,41	2,80b±0,07
P2 - LAd - Latossolo Amarelo distrófico – Capoeira velha 7 anos – Platô												
0,00-0,30	A1	126,4	12,5	138,9	116,1	745,0	782	2708	0,71	0,32	0,38	3,38a±0,12
0,30 – 0,48	AB	17,9	9,41	27,3	232,2	740,5	1025	2601	0,60	0,21	0,39	2,94b±0,11
0,48 – 1,10+	Bw1	21,1	10,0	31,2	58,8	910,0	1001	2587	0,61	0,24	0,36	2,85c±0,23
P3 - LAd - Latossolo Amarelo distrófico – Capoeira nova (3 anos) – Platô												
0,00-0,20	A1	65	73,8	138,8	258,7	602,5	800	2760	0,65	0,30	0,35	3,63a±0,09
020 – 0,62	AB	18,1	7,2	25,3	314,7	660,0	1060	2500	0,60	0,20	0,40	3,53b±0,13
0,62 – 1,20w	Bw1	12,0	16,4	28,4	101,5	870,0	1000	2480	0,50	0,20	0,30	2,86c±0,10
P4 - LVd -Latossolo Vermelho distrófico – Floresta aberta – terço superior da vertente												
0,00 – 0,25	A1	160,2	108,1	268,4	417,6	314,0	454	2577	0,82	0,48	0,33	3,45a±0,17
0,25 – 0,60	A2	79,1	66,4	145,5	428	426,5	457	2730	0,83	0,47	0,36	3,26a±0,13
0,60 – 1,02	BA	137,6	63,2	201	290,7	508,5	632	2700	0,76	0,43	0,33	3,49a±0,06
1,02 – 1,52	Bw1	136,9	42,6	179,6	129,9	690,5	1051	2570	0,59	0,26	0,32	2,75b±0,07
1,52 – 2,00+	Bw2	148,1	37,4	185,6	108,4	706,0	1170	2710	0,56	0,21	0,35	2,79b±0,05
P5 - LVda - Latossolo Vermelho distrófico argissólico – Floresta aberta – terço médio da vertente												
0,00 – 0,20	A1	128,6	81,7	210,3	491,2	298,5	457	2684	0,82	0,46	0,36	3,78a±0,07
0,20 – 0,33	A2	162,6	122,2	284,9	410,1	305,0	485	2624	0,81	0,42	0,39	3,83a±0,18
0,33 – 1,05	BA	122,0	83,4	205,5	350,5	444,0	691	2720	0,74	0,32	0,41	3,39a±0,11
1,05 – 1,77	Bw1	170,0	41,4	211,4	126,5	662,0	880	2660	0,66	0,27	0,39	2,70b±0,05
1,77 – 2,20+	Bw2	179,2	47,4	226,7	120,3	653,0	1392	2667	0,48	0,08	0,40	2,38c±0,48
P6 - LVd -Latossolo Vermelho distrófico – Floresta aberta – terço inferior da vertente												
0,00 – 0,18	A1	377,7	131,2	509	149,0	342,0	1280	2668	0,52	0,17	0,35	3,52a±0,36
0,18 – 0,28	BA	316,5	131,3	447,7	163,7	388,5	1390	2613	0,47	0,15	0,32	2,90b±0,31
0,28 – 0,58	Bw1	307,0	113,7	420,7	146,2	433,0	1480	2667	0,53	0,20	0,34	3,29a±0,24
0,58 – 0,96	Bw2	292,0	133,0	425,0	99,9	475,0	1510	2686	0,46	0,14	0,32	2,47c±0,11
0,96 – 1,80+	Bw3	362,7	141,2	504	75,0	421,0	1590	2629	0,44	0,14	0,30	3,03a±0,42

Ma = macroporosidade; Mi = microporosidade;  $\rho$  = densidade do solo;  $\rho_s$  = densidade das partículas  
\*Médias com letras distintas, na coluna, diferem, por horizontes, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

plástico, muito plástico e não pegajoso, pegajoso, ligeiramente pegajoso, quando molhados. As transições foram variáveis entre gradual e difusa, predominantemente horizontal. A comparação entre as características macromorfológicas dos seis perfis pode refletir, em parte, seus posicionamentos no relevo, o que demonstra diferentes condições de drenagem dos solos. Neste caso, as cores amareladas nos perfis P1, P2 e P3 situados na parte mais elevada, e avermelhada nos perfis P4, P5 e P6, refletem condições diferenciadas de drenagem.

A análise mineralógica da fração argila indicou a caulinita como argilomineral predominante, seguido pela gibbsita, goethita, quartzo e anatásio (Figuras 2 a 4). Não houve variações na mineralogia ao longo da paisagem, já que as áreas de topo e vertente apresentaram boa permeabilidade

(Tabela 1), podendo ser uma característica para a presença desses minerais. A natureza caulinitica destes solos já era esperada, uma vez que eles pertencerem a Formação Alter do Chão, apresentando uma litologia sedimentar terciária, evidenciando Latossolo Amarelo, onde se instalou a floresta densa. Latossolos cauliniticos são normalmente mais microagregados, com as partículas granulares menos arredondadas e mais parecidas com blocos (Schaefer, 1996), conforme observado neste estudo. Para Lucas *et al.* (1993), o predomínio de caulinita sobre gibbsita em solos da Amazônia deve-se a intensa reciclagem de silício pela vegetação florestal, favorecendo a estabilidade da caulinita, mesmo em ambiente altamente intemperizado.

**Tabela 2** - Resultados das análises químicas dos perfis da topossequência, Serra de Parintins-AM.

Prof. (wm)	Hor.	pH	C	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	m	V	Fe	Zn	Mn	Cu
P1 - LAd - Latossolo Amarelo distrófico - Floresta densa - Platô																			
0,00-0,16	Ap	5,0	56,5	97,3	3,5	8,7	3,4	0,6	0,1	39,5	196,0	12,8	208,8	75,5	6,1	235	0,4	0,6	0,1
0,16-0,46	BA	4,0	34,5	59,9	2,0	2,0	1,3	0,9	0,1	20,3	110,3	4,3	114,6	82,5	3,7	201	0,4	0,7	0,0
0,46-0,65	Bw1	4,6	17,2	29,6	1,4	0,5	0,8	0,8	0,1	13,8	63,8	2,2	66,0	86,2	3,3	134	0,1	0,6	0,0
0,65-1,50+	Bw2	4,7	2,0	3,5	1,4	0,5	0,4	0,7	0,0	9,2	30,7	1,6	32,3	85,1	4,9	64	0,1	0,2	0,0
P2 - LAd - Latossolo Amarelo distrófico - Capoeira velha 7 anos - Platô																			
0,00-0,30	A1	4,05	35,07	60,32	2	11	3	0,04	0,04	1,73	10,90	0,12	11,02	93,44	1,1	46	0,28	0,90	0,10
0,30-0,48	AB	4,27	13,84	23,80	1	5	3	0,04	0,03	1,06	6,44	0,10	6,54	91,71	1,4	50	0,38	0,77	0,07
0,48-1,10+	Bw1	4,45	3,83	6,59	1	2	2	0,03	0,02	0,59	3,03	0,06	3,09	90,24	2,0	0	0,16	0,33	0,13
P3 - LAd - Latossolo Vermelho distrófico - Capoeira nova (3 anos) - Platô																			
0,00-0,20	A1	4,9	40,0	68,8	2,0	5,1	2,6	1,4	0,7	17,4	103,2	9,8	113,0	63,9	8,6	321	0,31	1,54	0,04
0,20-0,62	AB	4,7	18,72	29,32	1,0	4,8	2,6	1,0	0,6	15,0	80,77	9,0	89,77	16,70	10,0	180	0,21	0,89	0,02
0,62-1,20+	Bw1	5,0	8,50	15,70	1,0	2,5	2,0	1,0	0,6	14,0	60,23	6,1	66,33	21,10	9,19	82	0,10	0,31	0,01
P4 - LVd - Latossolo Vermelho distrófico - Floresta aberta - terço superior da vertente																			
0,00-0,25	A1	4,22	33,39	57,43	11	9	10	0,08	0,04	0,69	12,13	0,19	12,32	78,62	1,51	32	0,53	1,32	0,15
0,25-0,60	A2	4,83	13,04	22,42	3	3	1	0,04	0,02	0,32	10,68	0,07	10,75	81,53	0,67	15	0,21	0,78	0,10
0,60-1,02	BA	4,85	30,26	52,05	7	2	1	0,03	0,02	0,37	7,62	0,06	7,68	86,28	0,77	26	0,40	0,63	0,15
1,02-1,52	Bw1	4,72	4,19	7,20	2	1	1	0,03	0,02	0,71	3,58	0,06	3,64	92,58	1,56	34	0,18	0,28	0,11
1,52-2,00+	Bw2	4,63	3,18	5,48	1	1	1	0,03	0,01	0,61	1,83	0,05	1,87	92,88	2,50	14	0,08	0,11	0,07
P5 - LVda - Latossolo Vermelho distrófico argiloso - Floresta aberta - terço médio da vertente																			
0,00-0,20	A1	3,93	23,75	40,85	7	18	8	0,08	0,06	1,06	13,78	0,22	14,00	82,73	1,58	27	0,45	1,45	0,11
0,20-0,33	A2	4,74	11,85	20,39	4	5	4	0,06	0,03	0,27	10,11	0,12	10,23	68,88	1,17	17	0,25	0,81	0,15
0,33-1,05	BA	4,82	31,83	54,75	7	2	2	0,03	0,01	0,24	7,41	0,05	7,46	81,93	0,72	21	0,15	0,42	0,14
1,05-1,77	Bw1	4,83	5,56	9,56	2	1	2	0,03	0,01	0,68	3,87	0,05	3,93	92,95	1,31	38	0,19	0,27	0,09
1,77-2,20+	Bw2	4,72	1,43	2,46	1	1	1	0,03	0,01	0,43	2,00	0,05	2,04	90,25	2,30	14	0,18	0,09	0,06
P6 - LVd - Latossolo Vermelho distrófico - Floresta aberta - terço inferior da vertente																			
0,00-0,18	A1	3,51	19,18	32,99	6	26	15	0,09	0,13	1,79	8,42	0,35	8,77	83,58	4,01	149	0,48	1,50	0,23
0,18-0,28	BA	3,89	7,00	12,04	2	7	3	0,05	0,03	1,06	4,73	0,11	4,84	90,56	2,29	189	0,38	1,04	0,21
0,28-0,58	Bw1	4,06	4,59	7,89	1	4	1	0,04	0,02	0,92	4,15	0,07	4,23	92,50	1,76	151	0,18	1,05	0,16
0,58-0,96	Bw2	4,23	2,78	4,78	2	4	3	0,05	0,02	0,76	3,55	0,09	3,65	89,12	2,56	89	1,23	0,94	0,26
0,96-1,80+	Bw3	4,17	1,84	3,17	3	1	1	0,04	0,01	0,69	3,42	0,06	3,48	92,38	1,64	60	0,19	0,51	0,17

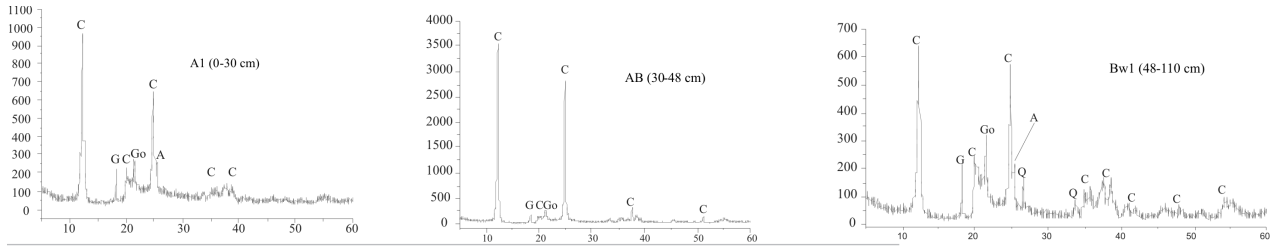
MO = matéria orgânica; T = capacidade de troca de cátions (SB+H++AP<sup>+</sup>); m = saturação por alumínio (Al<sup>3+</sup>+SB+H<sup>+</sup>); 100; V = saturação por bases (100-SB/T)



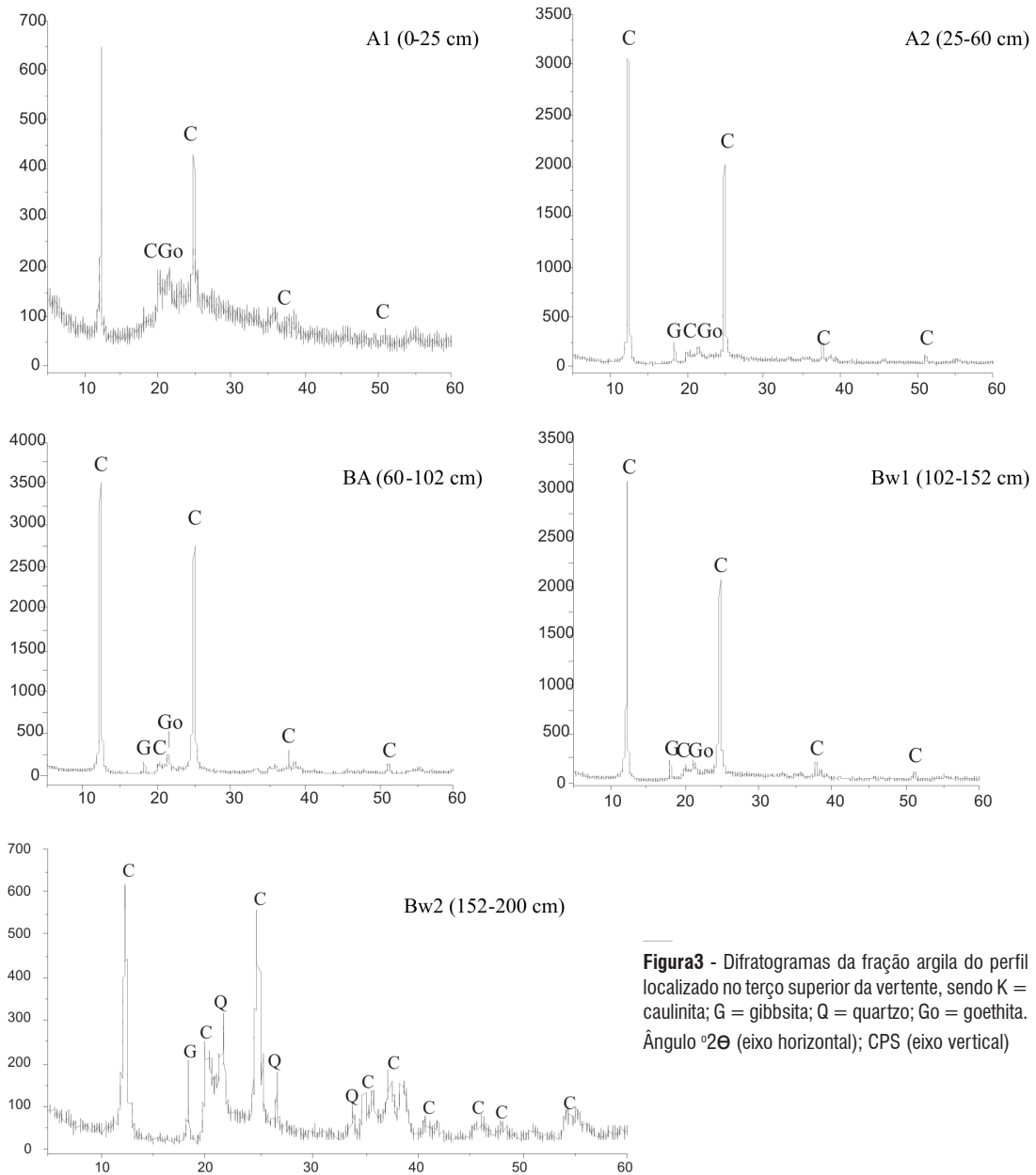
**Tabela 3** - Caracterização macromorfológica dos perfis estudados, toposequências, Serra de Parintins - AM

Prof.(m)	Hor	Textura	Cor úmida	Estrutura tipo, classe, grau	Consistência seca, úmida, molhada	Porosidade	Raízes	Transição
<b>P1 - LAd - Latossolo Amarelo distrófico – Floresta densa – Platô</b>								
0,00 -0,16	Ap	M.argilosa	10YR 4/4	bl. sub., peq. e média, moderada	lig. dura, friável, pl. e pegajoso	m. gr., p. peq.	c.gr. e peq finas. finas	Grad.e Horiz.
0,16 – 0,46	BA	M.argilosa	10YR 7/6	bl. sub., peq. e média, fraca	macio, friável, pl. e peg.	m. gr., p. peq.	c.gr. e c. peq finas	Dif. e Hor.
0,46 – 0,65	Bw1	M.argilosa	10YR 7/7	bl. sub., peq. e média, fraca	macio, friável, pl. e peg.	p. gr. e m. peq.	r. gr., c. peq. finas	Dif. e Hor.
0,65 – 1,50	Bw2	M.argilosa	10YR 7/8	bl. sub., peq. e média, fraca	macio, friável, plástico e pegajoso	r. gr. e m. peq.	r.gr., ab. peq. finas	Dif. e Hor.
<b>P2 - LAd - Latossolo Amarelo distrófico – Capoeira 7 anos – Platô</b>								
0,00 – 0,30	A	M.argilosa	10YR 4/3	bl. sub., peq. e média, moderada	lig. dura, friável, não pl., lig. peg.	c. peq. e gr.	ab.peq finas., p. gr	Grad.e Hor.
0,30 – 0,48	AB	M.argilosa	10YR 4/4	bl. sub., peq. e média, moderada	lig. dura, friável, lig. pl., lig. peg.	m. peq., p. gr.	p.peq finas., p. gr.	Clara e Hor.
0,48 – 1,10	Bw1	M.argilosa	10YR 7/8	bl. sub., peq. e média, fraca	lig. dura, m.friável, pl, peg.	m. peq., p. gr.	r. peq finas., r. gr.	Dif. e Hor.
<b>P3 -LAd - Latossolo Amarelo distrófico – Capoeira nova (3 anos) – Platô</b>								
0,00-0,20	A	M.argilosa	10YR 4/4	bl. sub., peq. e média, moderada	lig. dura, friável, não pl., lig. peg.	c. peq. e méd.	ab.peq finas., p. gr	Grad. e Horiz.
0,20 – 0,62	AB	M.argilosa	10YR 4/3	bl. sub., peq. e média, moderada	lig. dura, friável, lig. pl., lig. peg.	m. peq., p. gr.	p.peq finas., p. gr.	Clara e Horiz.
0,62–1,20+	Bw1	M.argilosa	10YR 7/7	bl. sub., peq. e média, fraca	lig. dura, m.friável, pl, peg.	m. peq., r. gr.	r. peq finas., r. gr.	Dif. e Hor.
<b>P4 – LVd - Latossolo Vermelho distrófico – Floresta aberta – terço superior da vertente</b>								
0,00 – 0,25	A1	Média	2,5 YR 3/2	bl. sub., m. peq., fraca	macio, friável, n-plástico, n-peg.	c.gr., p.peq.	ab. peq. finas, r.méd.; c.gr	Grad. e Hor.
0,25 – 0,60	A2	Argilosa	2,5 YR 3/2	bl. sub., m. peq., fraca	macio, friável, n-plástico, n-peg.	m.gr., p.peq.	ab. finas, r. méd., p.gr.	Grad. e Hor.
0,60 – 1,02	BA	Argilosa	2,5 YR 3/6	bl. sub., peq., fraca	macio, friável, n-plástico, n-peg.	c. méd. e gr.; com. peq.	r. peq.; p. méd.; r. gr.	Grad. e Hor.
1,02 – 1,52	Bw1	M.argilosa	2,5 YR 5/8	bl. sub., peq., moderada	lig.duro, m.friável, plástico, lig. peg.	c. peq.; r. gr. e méd.	p. peq., p. méd., r. gr.	Dif. e Hor.
1,52–2,00+	Bw2	M.argilosa	2,5 YR 5/8	bl. sub., média, moderada	lig.duro, m.friável, plástico, peg.	c.peq.; r.gr e méd.	r. peq., méd. e gr.	Dif. e Hor.
<b>P5 – LVda - Latossolo Vermelho distrófico argissólico – Floresta aberta – terço médio da vertente</b>								
0,00 – 0,20	A1	Média	2,5 YR 2/2	bl. sub., pequena, fraca	macio, friável, lig.plástico, lig. pegajoso	c.gr., p.peq.	ab.peq finas e méd., p. gr.	Dif. e Hor.
0,20 – 0,33	A2	Média	2,5 YR 3/2	bl. sub., média, fraca	lig.duro; friável; lig. plástico, lig. pegajoso	m.gr., p.peq.	c.méd.; p.peq., r.gr.	Dif. e Hor.
0,33 – 1,05	BA	Argilosa	2,5 YR 3/4	bl. sub., média, fraca	lig.duro; friável; lig. plástico, lig. pegajoso	c. méd. e gr.; com. peq.	p.peq., p.méd., r.gr.	Grad. e Hor.
1,05 – 1,77	Bw1	M.argilosa	2,5 YR 4/8	bl. sub., média, moderada	duro; firme; plástico; pegajoso	c. peq.; r. gr. e méd.	p.peq., p.gr., r.méd.	Clara e Hor.
1,77–2,20+	Bw2	M.argilosa	2,5 YR 5/8	bl. sub., média, forte	duro, firme, m. plástico, m.pegajoso	c.peq.; r.gr e méd.	p.peq., r.méd. e gr.	Dif. e Hor.
<b>P6 - LVd - Latossolo Vermelho distrófico – Floresta aberta – terço inferior da vertente</b>								
0,00 – 0,18	A	Média	2,5 YR 4/6	bl. sub. peq e m. peq., moderada	lig.duro, friável, lig. plástico, lig. pegajoso	c.gr., p.peq.	ab.peq finas e méd., p. gr.	Grad. e Hor.
0,18 – 0,28	BA	Média	2,5 YR 4/6	bl. sub. peq e média, moderada	lig.duro, friável, plástico, lig. pegajoso	m.gr., p.peq.	c.méd.; p.peq., r.gr.	Grad. e Hor.
0,28 – 0,58	Bw1	Argilosa	2,5 YR 5/8	bl. sub. peq. e média, forte	duro, friável, plástico, lig. pegajoso	c. méd. e gr.; com. peq.	p.peq., p.méd., r.gr.	Dif. e Hor.
0,58 – 0,96	Bw2	Argilosa	2,5 YR 5/8	bl. sub. média, forte	duro, m. friável, plástico, lig. pegajoso	c. peq.; r. gr. e méd.	p.peq., p.gr., r.méd.	Dif. e Hor.
0,96–1,80+	Bw3	Argilosa	2,5 YR 6/8	bl. sub. média, forte	duro, m. friável, plástico, lig. pegajoso	c.peq.; r.gr e méd.	p.peq., r.méd. e gr.	Dif. e Hor.

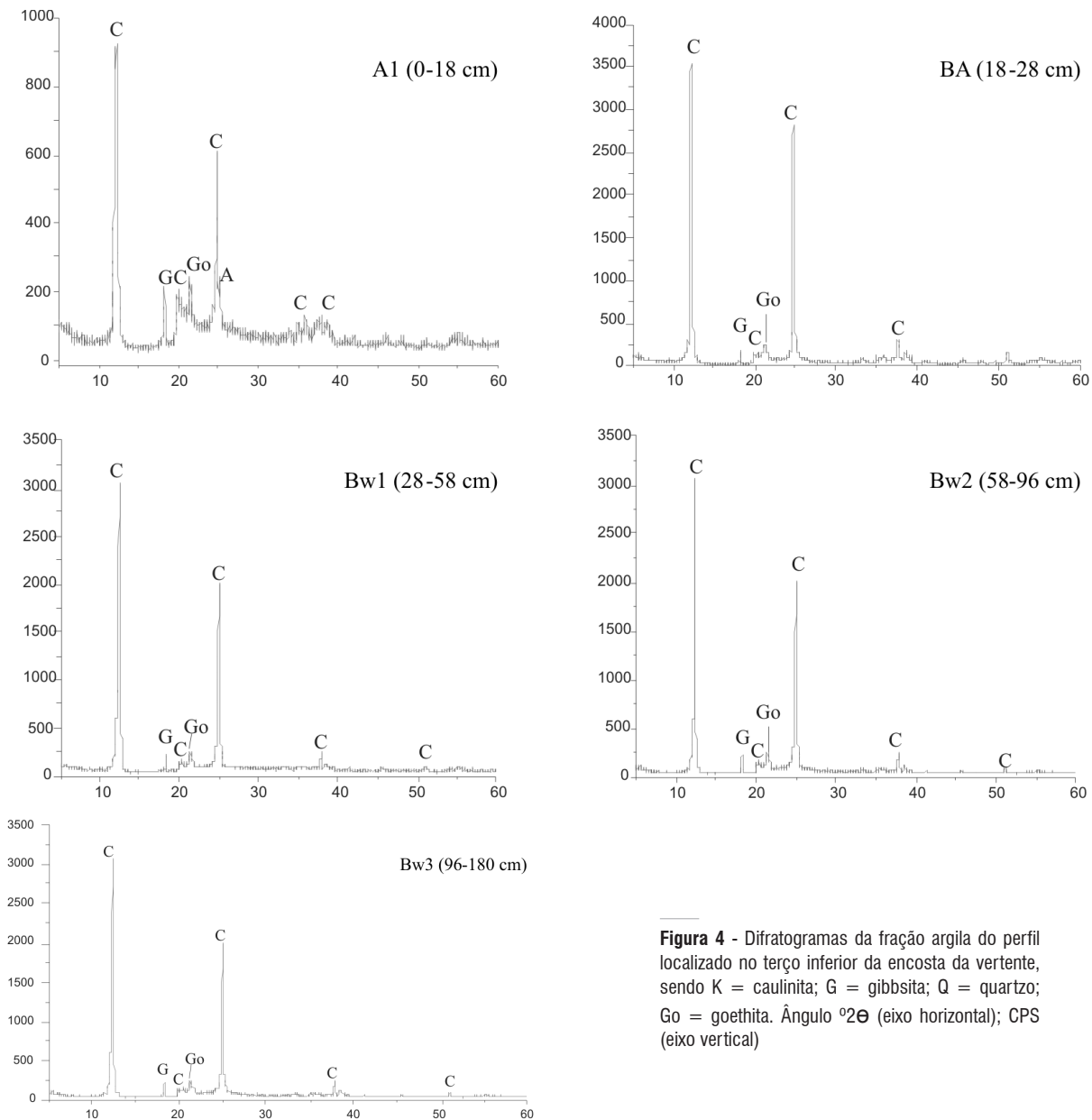
bl. sub. = bloco subangular; peq. = pequena; lig. = ligeiramente; m. = muito; pl. = plástico; peg. = pegajoso; m. gr. = muito grande; p.peq. = pouco pequenos; c. peq. = comuns pequenos; r. gr. = raros grandes; c. méd. = comuns médios; c. gr. = comuns grandes; ab. peq. = abundantes pequenos; Grad. = gradual; Hor. = horizontal; Dif. = difusa



**Figura 2** - Difratomogramas da fração argila do perfil localizado no topo da topossequência, sendo K = caulinita; G = gibbsita; Q = quartzo; Go = goethita. Ângulo  $2\theta$  (eixo horizontal); CPS (eixo vertical)



**Figura 3** - Difratomogramas da fração argila do perfil localizado no terço superior da vertente, sendo K = caulinita; G = gibbsita; Q = quartzo; Go = goethita. Ângulo  $2\theta$  (eixo horizontal); CPS (eixo vertical)



**Figura 4** - Difratogramas da fração argila do perfil localizado no terço inferior da encosta da vertente, sendo K = caulinita; G = gibbsita; Q = quartzo; Go = goethita. Ângulo  $^{\circ}2\theta$  (eixo horizontal); CPS (eixo vertical)

A composição mineralógica e a evolução geoquímica demonstrada deve-se, em parte, ao próprio material de origem, que é um sedimento essencialmente constituído de quartzo, sendo a composição mineralógica das frações grosseiras amplamente dominada por quartzo. A gibbsita e o óxido de ferro foram predominantes, tanto nos horizontes superficiais amarelos, como nos horizontes subsuperficiais vermelhos. Segundo Tardy & Nahon (1985), a associação quartzo-caulinita-goethita é a paragênese mineralógica típica em solos amarelos ou vermelhos, submetidos permanentemente à condições tropicais úmidas. A Serra possui solos pobres em nutrientes (Tabela 2), e com a ação das chuvas, eles devem

ter perdido grande parte da sílica, permitindo o aparecimento de alumina e ferro, em constante processo de laterização avermelhada na base da Serra (laterita ferruginosa). Essa laterita possui alta coesão e estabilidade, sendo que a sua remoção por alteração antrópica pode expor o substrato arenítico representado pela Formação Alter do Chão, que na posição dos perfis da vertente é muito friável e passiva de erosão. Os arenitos situados próximo à base da vertente da Serra de Parintins estão protegidos pela vegetação, não estando sujeitos a grandes movimentos de massa e erosões. Além disso, o clima quente e úmido da região favorece os processos de intemperização de rochas e a lixiviação de metais



alcalinos e alcalino terrosos; a exposição do solo por longo tempo nessas condições climáticas, aliada às grossas texturas do substrato geológico, permite fácil drenagem da água de percolação, tornando o intemperismo mais intenso (Schubart *et al.*, 1984). Estes solos são formados pela latolização, ou seja, remoção de sílica e bases do perfil (Resende, 1982; Birkeland, 1984). Ocorre migração de sílica e bases do perfil e acúmulo residual de sesquióxidos (gibbsita, goethita, hematita etc) no solum, com ou sem formação de plintita ou concreção de ferro (Buol *et al.*, 1980). A presença de plintita nos horizontes subsuperficiais nos perfis P5 e P6 que compõem a vertente (Tabela 3) em evolução para a base atua como uma barreira contra a ação das águas, evitando o fenômeno de terras caídas na Serra de Parintins.

A Tabela 1 apresenta os resultados de log Ko (permeabilidade) ao longo da topossequência. A Ko é dependente de vários atributos do solo, principalmente da densidade e porosidade (macro e microporosidade) (Mesquita & Moraes, 2004). O acúmulo de carbono na superfície decresceu em profundidade, em maior intensidade nos perfis P4 e P5 (Tabela 1), seguindo a mesma tendência de Ko (Figura 7) permitindo inferir que o sistema radicular constituído por raízes pequenas e finas desses perfis (Tabela 3) promove o seu aumento, pois contribui com translocação da MO em profundidade e estruturação do solo (Gonçalves & Mello, 2000). Em Floresta sobre Latossolo Amarelo, as raízes têm importante papel na dinâmica de água nos primeiros 40 cm do solo; as chuvas freqüentes e a atividade biológica permitem condições favoráveis à absorção da água pelo sistema radicular (Chauvel *et al.*, 1992). Assim, apesar da alta declividade, a permeabilidade das camadas superficiais na vertente é superior ao platô. Nota-se, ainda, que o teor de argila foi a propriedade física que contribuiu para a seqüência: Ko capoeira nova > Ko capoeira 7 anos > Ko floresta densa. Talvez Ko seja mais sensível à mudanças nas propriedades físicas do solo do que as alterações nas coberturas vegetais sobre o solo. Esses Latossolos mesmo quando muito argilosos podem apresentar grande permeabilidade, em decorrência da estrutura. Teixeira (2001), estudando os efeitos do uso da terra sobre as propriedades hidráulicas do solo, por métodos de campo, e em pontos de amostragens pertencentes à classe de Latossolos Amarelos na Amazônia, encontrou valores da Ko variando de 6,62 a 8,41 cm dia<sup>-1</sup>. A diferença quando comparada com os encontrados neste estudo pode estar relacionada à vários fatores como: pontos de amostragem e distribuição das raízes (Tabela 3), demonstrando a grande variabilidade dessa propriedade. Marques (2004), estudando parâmetros hídricos na mesma classe de solos sob sistema agroflorestal na Amazônia encontrou valores com variações de 2,62 a 3,20 cm dia<sup>-1</sup>, e variações de 1,93 a 3,22 cm dia<sup>-1</sup>, em Latossolo Vermelho.

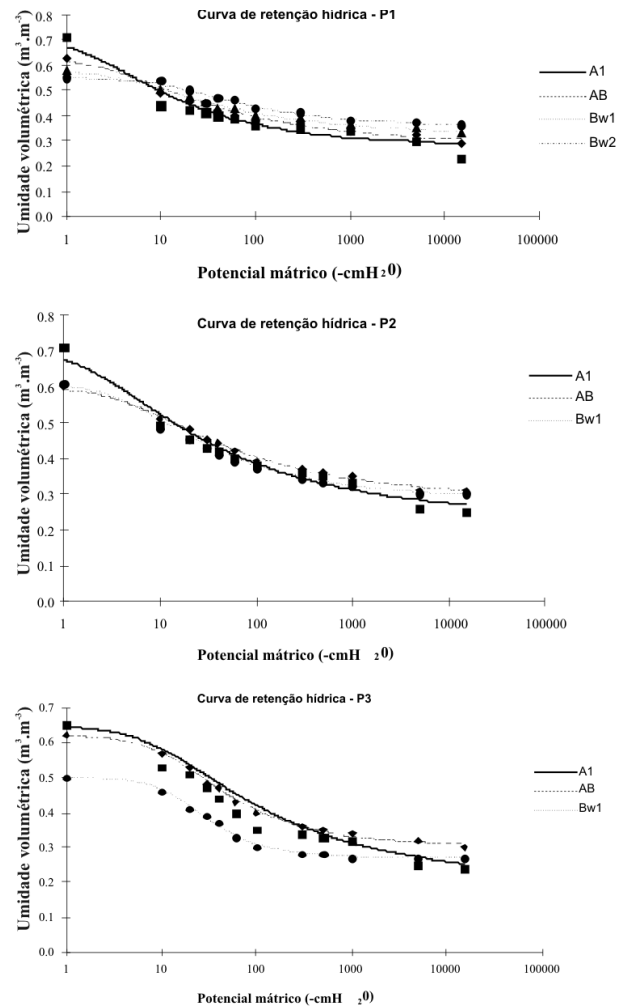


Figura 5 - Curvas de retenção hídrica por horizontes elaboradas para os perfis P1, P2 e P3.

Os resultados referentes às curvas de retenção hídrica são apresentados nas Figuras 5 e 6. As análises revelam heterogeneidade hídrica entre os perfis localizados no platô e na vertente da paisagem. Com o aumento da profundidade, ocorreu maior retenção de água nos solos. As curvas P1 e P2, P4, P5 e P6 apresentaram as mesmas características estruturais e porais, não sendo observado diferenças no gradiente e na forma entre elas. Entretanto, um deslocamento correspondente à porosidade estrutural (-10 cm H<sub>2</sub>O a -100 cmH<sub>2</sub>O) foi observado no P3 (Figura 5), principalmente no horizonte Bw1. Esta forma pode estar relacionada a uma menor microagregação deste horizonte. No geral, observa-se que as curvas características dos horizontes no platô apresentaram inclinação mais suave (> retenção de água) devido a estrutura predominante (< macroporosidade) (Tabela 1) e a presença de solos argilosos a muito argilosos (Tabela 3), quando comparado com as da vertente (< retenção de água)

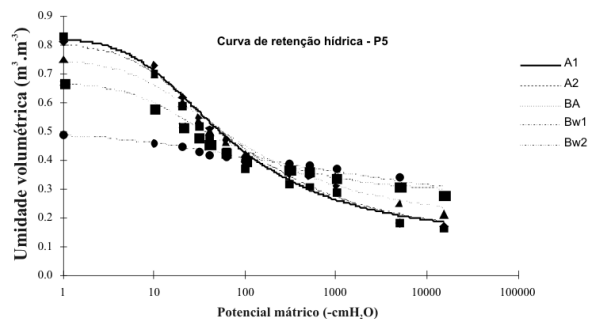
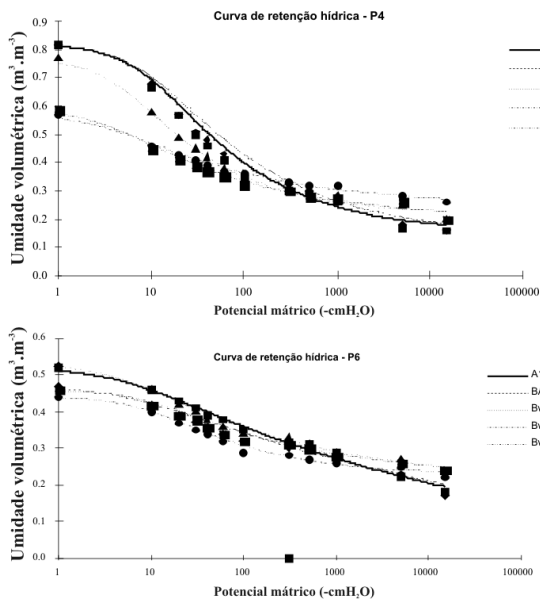


Figura 6 - Curvas de retenção hídrica por horizontes elaboradas para os perfis P4, P5 e P6

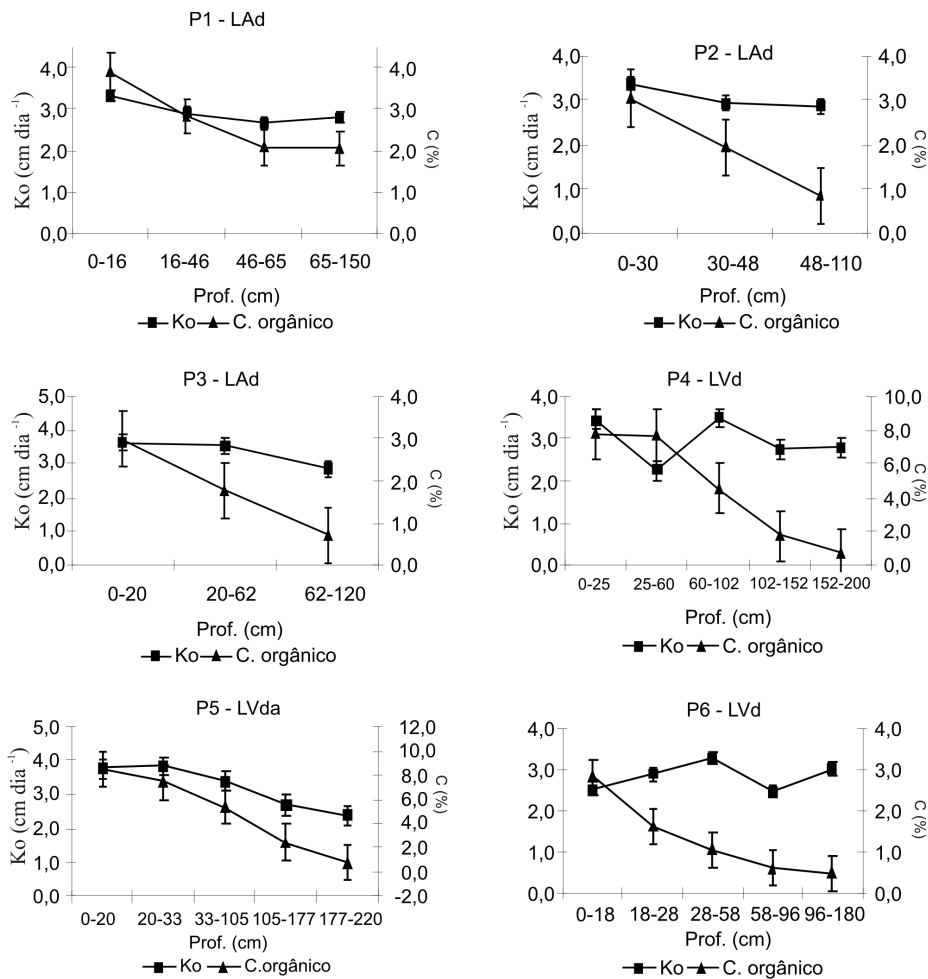


Figura 7 - Variação do carbono orgânico e condutividade hidráulica saturada nos perfis estudados.

com inclinação mais acentuada. Essas mudanças não estão relacionadas à natureza da argila (mineralogia) dos solos, já que houve uma constância de predomínio da caulinita como argilomineral. Um gradiente maior de umidade volumétrica entre os potenciais baixos (-10 cm H<sub>2</sub>O a -100 cmH<sub>2</sub>O) e altos (-100 cm H<sub>2</sub>O a -15000 cmH<sub>2</sub>O) é observado à medida que a profundidade dos horizontes aumenta (Bw1, Bw2 e Bw3). Em contrapartida, os horizontes A, AB e BA demonstram um gradiente de umidade baixo e médio ao longo dos potenciais. Essa tendência pode ser explicada devido à presença de estrutura dominante microagregada (Bw) e uma porosidade estrutural mais desenvolvida (A, AB e BA) (Figura 5 e 6). Nota-se que a variação topográfica influencia a quantidade de água armazenada e disponível nos solos argilosos estudados. A estrutura (> macroporosidade) (Tabela 1) e o maior teor de carbono orgânico obtidos nos perfis P4 e P5 exerceram influência nas tendências das curvas hídricas em baixos potenciais, diferenciando-os dos demais. Analisando a ação da cobertura florestal (Figura 1), aliada à textura média a argilosa (Tabela 3), na superfície dos perfis P4, P5 e P6, foi observado maior agregação do solo e intensidade de poros grandes (Tabela 1), que retêm pouca água a -33 cmH<sub>2</sub>O, e aumentam a retenção em altas tensões devido à elevada superfície específica e capacidade de adsorção da matéria orgânica. A matéria orgânica é considerada como o principal agente de estabilização dos agregados do solo (Castro Filho *et al.*, 1998; Gang Lu *et al.*, 1998).

## CONCLUSÕES

A floresta predominante sobre os perfis do topo e da vertente, promove condições físicas e hídricas adequadas para uma boa agregação, maior intensidade de poros grandes, maior Ko, e melhor retenção hídrica dos solos atuando na sua conservação;

Há acúmulo de carbono na superfície dos solos, decrescendo em profundidade, relacionando-se diretamente com Ko e com o sistema radicular;

A análise mineralógica da fração argila indicou a caulinita como argilomineral predominante, seguido pelos minerais gibbsita, goethita, quartzo e anatásio não havendo variações ao longo da paisagem e relação com as variações nas curvas de retenção hídrica e Ko;

A Serra de Parintins possui um solo deficiente em nutrientes, ácido, textura média a muito argilosa, poroso, com média a alta permeabilidade e plintita nos horizontes subsuperficiais que evitam o fenômeno de terras caídas;

Um gradiente elevado de umidade volumétrica é observado nos horizontes subsuperficiais, havendo mais água retida, quando comparado com horizontes superficiais devido à presença de porosidade textural dominante nos horizontes Bw

e uma porosidade estrutural mais desenvolvida nos horizontes superficiais.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEAM, pelo financiamento do projeto 811/04. Ao Laboratório de Análise de Física de Solo da EMBRAPA, na pessoa do técnico Estevão Santos e ao Laboratório Temático de Solo e Planta do INPA, precisamente a Tânia Pimentel; pela oportunidade de realização das análises físicas, químicas e hídricas.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- Andreola, F.; Costa, R.M.; Olszewski, N. 2004. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 857-865.
- Berner, E.K.; Berner, R.A. 1987. *The Global Water Cycle*. New Jersey: Prentice-Hall. 397 p.
- Birkeland, P.W. 1984. *Soil and Geomorphology*. Oxford University Press, New York EUA.
- Bravard, S.; Righi, D. 1988. Characteristics of clays in Oxisol – Spodosol toposequence in Amazônia (Brazil). *Clay Mineralogy*, 23: 279-289.
- Bravard, S.; Righi, D. 1991. Characterization of fulvic and humic acids form an Oxisol-Spodosol toposequence of Amazonia, Brazil. *Geoderma*, 48: 151-162.
- Buol, S.W.; Hole, F.D.; Maccracken, R.J. 1980. *Soil Genesis and classification*. The Iowa State University Press, Ames. 404 pp.
- Castro Filho, C.; Muzilli, O.; Podanoschi, A.L. 1998. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22: 527-538.
- Chauvel, A.; Vital, A.R.T.; Lucas, Y.; Desjardins, T.; Franken, W.; Luizao, F.J.; Araguás, L.; Rozanski, K.; Bedmar, A.P. 1992. O papel das raízes no ciclo hidrológico da floresta Amazônica, p. 29-37. *In: Anais do VII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. São Paulo.
- Embrapa. 1984. Centro Nacional de Pesquisa Agroflorestal. Boletim Agrometeorológico. Manaus, Embrapa – UEPAE. (Documento, 6).
- Embrapa. 1997. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2ª edição. rev. atual. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos; 1).
- Embrapa. 1999. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. Embrapa Solos. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia. 370 p.
- Fearnside, P.M. 1996. Amazonian deforestation and global warming: Carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, 80: 21-34.
- Fearnside, P.M. 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Revista Acta Amazônica*, 36: 395-400.

- Ferreira, S.J.F.; Luizão, F.J.; F.Miranda, S.A.; Silva, M.S.R. da.; Vital, A.R.T. 2006. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na amazônia central submetida à extração seletiva de madeira. *Revista Acta Amazônica*, 36: 59-68.
- Gang, L.U.; Skagami, K.; Tanaka, H.; Hamada, R. 1998. Role of soil organic matter in stabilization of water-stable aggregates in soils under different types of land use. *Soil Science Plant Nutrition*, 44: 147-155.
- Gonçalves, J.L.M.; Mello, S.L.M. 2000. O sistema radicular das arvores, p. 219-267. In: Gonçalves, J.L.M.; Benedetti, V. (ed). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF/FAPESP.
- Jordan, C.F. 1986. *Soils of the Amazon rainforest*, p. 83-94. In: Prance, G.T.; Lovejoy, T.E. (Ed.). Amazonia. Oxford: Pegamon Press.
- Lean, J.; Buntun, C.B.; Nobre, C.A.; Rowntree, P.R. 1996. The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics, p. 549-576. In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. *Amazonian Deforestation and Climate*. Wiley, Chichester, Reino Unido.
- Lemos, R.C.; Santos, R.D. dos. 1996. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 3ª ed. Campinas, SP:SBSCS/CNPS. 83 pp.
- Logsdon, S.D.; Jaynes, D.B. 1996. Spatial variability of hydraulic conductivity in a cultivated field at different times. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 703-709.
- Lucas, Y.; Luizao, F.J.; Chauvel, A.; Rouiller, J.; Nahon, D. 1993. The relation between biological activity of the rain forest and mineral composition of soils. *Science*, 260: 521-523.
- Marques, J.D.; Libardi, P.L.; Teixeira, W.G.; Reis, A.M. 2004. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um Latossolo Amarelo, na região Amazônica. 2004. *Acta Amazônica*, 34: 145-154.
- Mesquita, M.G.B.F.; Moraes, S.O. 2004. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. *Ciência Rural*, 34: 963-969.
- Ruthenberg, H. 1980. *Farming systems in the tropics*. Clarendon Press, Oxford, 3rd ed., 424 pp.
- Schaefer, C.E.G.R. 1996. The Microstructure Of Latossols as Long-Term Biotic Constructs. In: XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 1996, Águas de Lindóia. Resumos Expandidos.
- Schubart, H.O.R.; Franken, W.; Luizão, F.J. 1984. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciência Hoje*, 2: 26-32.
- Stallard, R.F.; Edmond, J.M. 1981. Geochemistry of the Amazon. 1. Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved-load at the time of peak discharge. *Journal Of Geophysical Research-Oceans And Atmospheres*, 86: 9844-9858.
- Teixeira, W.G. 2001. *Land use effects on Soil Physical and Hydraulic Properties of a Clayey Ferralsol in the Central Amazon*. Tese de Doutorado, University of Bayreuth, Bayreuth, Alemanha. 255pp.
- Tardy, Y.; Nahon, D. 1985. Geochemistry of laterites, stability of Al-goethite, Al-hematite, and Fe<sup>3+</sup> kaolinite in bauxites and ferricretes: an approach to the mechanism of concretion formation. *American Journal of Science*, 285: 865-903.
- Tomasella, J.; Hodnett, M.G. 1996. Soil hydraulic properties and van Genuchten parameters for an oxisol under pasture in Central Amazônia. In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. (Org.). *Amazonian Deforestation and Climate*. Chichester, UK, p. 101-124.
- Vieira, L.S.; Santos, P.C.T.C. 1987. *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Ceres. 416pp.
- Youngs, E.G. 1991. Hydraulic conductivity of saturated soils, p. 161-207. In: Smith, K.A.; Mullins, C.E. (Ed). *Soil analysis: physical methods*. Marcel Dekker, New York.
- Wilkinson, L. 1998. *Systat: The system for statistics*. Evanston, IL, Systat Inc.

Recebido em 23/11/2007

Aceito em 14/10/2009