

PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E MINERALÓGICAS DE SOLOS CONTAMINADOS DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS¹

Genilson Pereira Santana², Joab Souza dos Santos³, Edson Valente Chaves⁴ e Wamber Broni de Souza⁵

Submetido 23/10/2013 - Aceito20/12/2013 - Publicado on-line 03/04/2014

Resumo

Neste trabalho, solos coletados na bacia dos igarapés do Pólo Industrial (PIM) de Manaus (AM) em uma área poluída por esgotos domésticos e industriais. As amostras foram obtidas em nove diferentes locais, sendo três ao longo da bacia do igarapé do Quarenta e as restantes em igarapés da região do PIM. As amostras de solos foram secas ao ar e subsequentemente caracterizadas em termos de textura, acidez total, cátions trocáveis (CTC) e pH. Além disso, a difração de raios X (DRX), Termogravimetria (TG), espectroscopia no infravermelho (FT-IR) foram feitas para obter informações adicionais da estrutura dos minerais do solo. A parte magnética do solo foi separada com auxilio de imã magnético e estudada por DRX e Espectroscopia Mössbauer (EM). Os resultados indicam que a gêneses dos solos do PIM foi afetada pela atividade humana. A principal indicação é a presença de óxido de ferro magnético, comumente ausente em solos da Amazônia. Apesar disso, os parâmetros físicos e químicos estão dentro de limites típicos dos solos Amazônicos. Muito embora, existem algumas notáveis diferenças, i.e., a ocorrência de três classes de solos, com predominância da fração areia, valores baixos de CTC, presença de quartzo e em menor extensão mistura de haloisita e caulinita, presença de gibsita, em alguns locais de óxidos de ferro com estrutura de espinélio (magnetita e maghemita).

Palavras-Chave: Atividades antrópicas, região amazônica, óxidos de ferro magnéticos.

Abstract

In this work selected soils collected from the basins of the Industrial District River (Manaus - AM), an area polluted by domestic and industrial wastes, have been examined. The samples were obtained from nine different locations along of the Igarapé do Quarenta river. The soil samples were dried in air and subsequently characterized by texture, total acidity, cation-exchange capacity (CEC), and pH. X-ray diffraction (XRD), thermogravimetric (TG) method and infrared (FT-IR) spectroscopy were applied to obtain additional structural information. The magnetic fraction was also separated, using a hang magnet, purified, and examined by means of XRD and Mössbauer spectroscopy. The results indicate soil genesis in the Industrial District being affected by human activities. The principal indication is the presence of magnetic Fe oxides which commonly do not occur in the native soils. Nevertheless, the physical and chemical parameters are generally in line with those observed for typical Amazonian soils. There are, however, a few notable distinctions, i.e., the occurrence of the three classes of soils, the sandy fraction being predominant, CEC values are low, presence of magnetic Fe oxides with spinel-type structure (magnetite and maghemite) at some locations.

Key-words: Anthropogenic activity, Amazonian region, magnetic iron oxides.

¹ Parte do trabalho de dissertação do segundo autor no Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas.

² Professor Associado do Departamento de Química ICE da Universidade Federal do Amazonas – Departamento de Química - ICE, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II, Manaus, Amazonas. <u>gsantana@ufam.edu.br</u>

³ Prof. Instituto Federal do Amazonas (IFAM), Av. Sete de Setembro, 1975, Centro, Manaus, Amazonas. E-mail: joab@ifam.edu.br

⁴ Prof. Instituto Federal do Amazonas (IFAM), Av. Sete de Setembro, 1975, Centro, Manaus, Amazonas. edson_valente@yahoo.com.br

⁵Professor Adjunto da Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia, Parintins – ICSEZ. Estrada Parintins-Macurany, 1805, Jacaréacanga. Parintins – AM.69153010. wambersa@ufam.edu.br



1. Introdução

toxicidade, mobilidade, А natureza toxicológicas de poluentes orgânicos e inorgânicos, bem como suas diversas formas químicas (solúvel, móvel e retida) em solos estão relacionadas às suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas (EPA, 2007). Embora seja possível encontrar diversos locais contaminados no mundo, por exemplo, mais de 50 mil locais contendo resíduos perigosos já foram encontrados somente nos Estado Unidos, sem o conhecimento dessas propriedades é difícil estabelecer quando e como a população seria afetada (BAIRD 2002). Outro aspecto a ser considerado é o próprio processo de recuperação do solo contaminado. Chaves e Santana (2011) mostram que solos contaminados por metais pesados em Manaus apresentam comportamentos diferenciados.

Por outro lado, a interferência humana já provocou inúmeras mudanças nos processos que controlam a sustentabilidade de seus ecossistemas (FEARNSIDE, 1996). Quando o solo é mantido nas condições naturais, os seus atributos físicos, garantem auímicos e mineralógicos 0 desenvolvimento regular da vegetação (ANDREOLA et al., 2004). As relações solo/flora, solo/fauna, solo/homem são importantes para compreender, além de possibilitar a conservação e manejo dos recursos naturais.

Para a região Amazônica, compreender essa questão representa contribuir significativamente para preservar a maior reserva mundial de biodiversidade, bem como conhecer o solo de uma região que influencia todo o clima do planeta (BETTS et al., 2008). Infelizmente, as conseqüências do processo de ocupação urbana na Amazônia Central ainda não foram bem avaliadas sob o ponto de vista de suas propriedades físicas, química e mineralógica do solo. Particularmente, os solos de terra firme são pobres em nutrientes, profundos, bem drenados com boa capacidade de retenção de água e permeabilidade, e com baixa CTC (FERREIRA et al., 2006).

O objetivo deste estudo foi verificar os efeitos do processo de ocupação urbano-industrial sob as propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo da região do PIM.

2 Material e Métodos

As amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 20 cm, num mesmo ponto, em 5 porções simples, em zigue-zague numa área de

Scientia Amazonia, v. 3, n.1, 58-64, 2014 Revista on-line http://www.scientia.ufam.edu.br

Jan-Abr ISSN:2238.1910

100 m², utilizando um trado do tipo holandês, na região do PIM (Figura 1). As porções foram misturadas e destas, retirada uma única alíquota representativa do local. As amostras foram secas ao ar, separadas manualmente e peneiradas em uma peneira de 2,0 mm de malha, sendo denominadas Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Posteriormente. submetida à análise granulométrica, determinação de matéria orgânica, pH (água e KCl), acidez total, sódio, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, segundo recomendação Embrapa (1999).



Figura 1 – Mapa da região de coletadas de solo.

Amostras de solos < 0,053 mm foram submetidas à DRX, FT-IR e TG. Os DRX foram obtidos de 5 a 70° (2 θ) com velocidade de varredura de 10 (2 θ) min⁻¹ em difratômetro Geigerflex D/max Serie B (RIGAKU), dotado de um monocromador de grafite e tubo de cobre.

Os espectros FT-IR das pastilhas contendo cerca de 1,0 mg das amostras de solos < 0,053 mm e 100 mg de KBr foram secas a 100 °C durante 24 horas foram obtidos entre 4000 a 400 cm⁻¹ em um espectrofotômetro Perkin Elmer modelo Spectrum 2000, sendo efetuadas 10 varreduras com resolução espectral de 4 cm⁻¹.

Os TG das amostras de solos < 0,053 mm foram obtidos com o aquecimento de cerca de 30 mg, pesados em cadinhos de alumina, da temperatura ambiente até 1000 °C, com taxa de



aquecimento de 10 °C/minuto, em um aparelho SD 2960 Simultaneous DTA-TGA, fabricado pela TA Instruments.

Os componentes magnéticos das TFSA foram separados em duas etapas: i) a um bastonete magnético giratório desprovido da carcaça de um agitador magnético Fisatom foi colocado sobre uma folha de papel e submetido ao campo do imã giratório e ii) a parte magnética de i) foi colocada em béquer, juntamente com uma barra magnética, juntamente com cerca de 100 mL de água destilada, sendo o conjunto agitado em agitador magnético por 5 minutos. Essa operação foi repetida até que o sobrenadante se tornasse límpido.

Os EM dos extratos magnéticos foram obtidos do espectrômetro Mössbauer contendo um transdutor e gerador de função CMTE modelo MA 250, e uma fonte de ⁵⁷Co/Rh, a temperaturas de 298 K. Os valores apresentados para os deslocamentos isoméricos são dados em relação ao α -Fe. Os ajustes dos espectros Mössbauer foram realizados, no programa MOSF, que ajusta os espectros baseados em curvas Lorenzianas com o método dos mínimos quadrados não lineares (VANDENDERGHE et al. 1994). Os espectros foram ajustados fixando a razão de intensidade relativa das linhas internas nos valores 3:2:1:1:2:3.

3 Resultados e Discussões

Os resultados mostram que existe predominância em todas as amostras de solo da fração areia, fazendo com que a maioria das classes texturais dos solos estudados seja franco arenoso ou areia franca, com exceção do ponto de coleta 5 cujo solo é franco argilo arenoso (Tabela 1). A baixa quantidade de argila (9,10-24,4 %) contraria as características dos Latossolos amazônicos, cuja quantidade é marcada por ter valores acima 60% da fração argila.

Tabela 1 – composição textural das amostras de solo coletadas no PIM

Ponto	Fração (%)			Classe Textural	
	Areia	Silte	Argila	S.I.	
1	86,6	3,94	9,50	Areia Franca	
2	78,2	6,77	15,1	Franco Arenoso	
3	85,4	5,46	9,10	Areia Franca	
4	76,2	9,50	14,3	Franco Arenoso	
5	69,7	5,92	24,4	Franco Argilo Arenoso	
6	80,6	2,92	16,5	Franco Arenoso	
7	87,2	1,77	11,0	Franco Arenoso	
8	80,9	9,50	9,63	Areia Franca	
9	84,5	3,30	12,2	Franco Arenoso	

Scientia Amazonia, v. 3, n.1, 58-64, 2014 Revista on-line http://www.scientia.ufam.edu.br

on-line http://www.scientia.uram.edu.br Jan-Abr ISSN:2238.1910

As baixas concentrações de argila implicam em baixo poder de troca catiônica, fato que pode explicar a predominância de $Ca^{2+} e Mg^{2+}$ trocáveis em relação ao Na⁺ e K⁺ (Tabela 2). Entretanto, baixos teores de Na⁺ e K⁺ demonstram que os solos possuem alto grau de lixiviação.

O mesmo fato é observado na CTC e cátions trocáveis, a semelhança dos comportamentos podem ser atribuídas também ao Ca^{2+} , pois os seus teores são bem maiores do que os outros participantes da CTC. Outra característica interessante é que os valores da CTC são típicos de caulinita (3 - 15 cmol kg⁻¹ - MONIZ, 1975). O baixo poder de troca catiônica se reflete nos resultados de pH em água e KCl, com valores diferentes dos encontrados nos solos amazônicos que são ácidos em torno de 4,0.

Tabela 2 – Parâmetros físico-químico dos solos do PIM

DC	DU		СТ	AT	CTC	\mathbf{K}^+	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg^{2+}	
PC PH _{H2O}		рН _{КСІ}	cmol kg ⁻¹							
1	6,12	4,92	2,07	0,64	2,71	ND	ND	1,8	0,27	
2	7,31	6,92	6,95	2,21	9,16	0,01	0,01	6,7	0,23	
3	5,96	5,18	3,27	0,8	4,07	ND	ND	2,85	0,42	
4	7,05	7,01	8,37	0,8	9,17	0,01	ND	8,35	ND	
5	5,95	5,82	5,9	0,63	6,52	0,01	0,02	5,00	0,87	
6	4,51	4,39	1,26	0,88	2,13	ND	0,02	0,9	0,33	
7	4,48	4,28	1,45	1,35	2,8	ND	ND	1,45	ND	
8	7,68	8,06	11,4	1,01	12,4	0,01	0,01	9,95	1,42	
9	5,21	5,15	5,68	0,83	6,51	0,03	ND	3,5	2,15	

PC = Ponto de coleta, CT = cátion trocáveis, AT = ânions trocáveis, CTC = capacidade de troca catiônica.

Majoritariamente, apenas caulinita e quartzo foram observados em todas as amostras (um DRX típico é mostrado na Figura 2). Uma característica importante apresentadas nos DRX é a existência de reflexões relativas à caulinita com baixa cristalinidade ou desordenada (DENG et al., 2002).





Figura 2. DRX típico das TFSA Os números se referem aos índices de Miller da caulinita. Qzt = Quartzo.

A periodicidade da caulinita foi verificada usando o coeficiente de variação (CV), conforme recomendado por Moore e Reynolds Jr. (1989). Os valores de CV foram calculados usando os espaçamentos basais d_{001} , d_{002} , d_{003} e d_{004} e as equações (1) e (2):

$$d = d_{00l} l (l = 1, 2, 3 e 4)$$
(1)

$$Cv = \frac{desvio padrão}{média} x100$$
(2)

O desvio padrão e a média foram calculados dos resultados obtidos na equação (1). Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores do produto de ℓ por $d_{00\ell}$ e o coeficiente de variação (CV)

ł	$\ell.d_{00\ell}$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7,03	6,97	7,16	6,95	7,07	7,02	7,03	6,93	7,09
2	7,07	7,10	7,13	7,06	7,09	7,07	7,04	7,06	7,10
3	6,80	6,80	6,83	6,81	6,67	6,80	6,80	6,81	6,82
4	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24
\bar{x}	7,04	7,03	7,09	7,01	7,02	7,03	7,03	7,01	7,06
CV	2,59	2,66	2,56	2,60	3,47	2,61	2,54	2,63	2,51
$\bar{\mathbf{x}} = \text{média e CV}(\%) = (\text{desvio} / \text{média}) \times 100$									

Os valores médios de CV indica que em todas as amostras de solo a caulinita não é periódica ou, então, uma mistura de argilominerais, por exemplo, haloisita, dickita e nacrita, entre outros. Outro aspecto a ser considerado nos DRX está relacionado às mesmas intensidades das reflexões d_{131} e $d_{1\overline{3}1}$, indicando que as caulinitas são tipicamente monoclínicas. Esse resultado já esperado, pois na região de Manaus ocorreram processos simultâneos de intemperismo e neoformação, aliado às condições de acidez que

Scientia Amazonia, v. 3, n.1, 58-64, 2014 Revista on-line http://www.scientia.ufam.edu.br Jan-Abr ISSN:2238.1910

favorecem a existência de caulinitas monoclínicas (FIALIPS et al., 2000).

Os espectros de FT-IR das amostras de solo < 0,053 mm apresentam bandas de absorção intensas em 3696 (v_1), 3669 (v_2), 3653 (v_3), 3631 (v_4), 937 e 915 cm⁻¹ correspondentes às vibrações de O-H de caulinita (Figura 3).

As vibrações v_4 correspondem ao O-H da estrutura interna e v_1 e v_2 aos acoplamentos simétricos e anti-simétricos do plano *c* perpendicular ao d_{001} das caulinitas (FARMER, 1974). Ocorrem outras bandas em 1115 cm⁻¹ de Si-O; 1036 e 1009 cm⁻¹ relativas às vibrações Si-O-Si O-H. As assimetrias de pelo menos 1,15° existentes entre as bandas 1115 e 915 cm⁻¹ e entre v_1 e v_4 indicam a existência de caulinitas que possuem pleocroismo (DENG et al., 2002).

A falta de resolução da vibração v_2 revela que a caulinita dos solos do PIM apresenta um grau de ordenamento muito pobre, comprovado pela maior intensidade v_4 em relação a v_1 (BRINDLEY et al., 1986). Por outro lado, Prost et al. (1989) argumentam que o espectro de FT-IR como o descrito acima indicaria na verdade a existência de dickita e nacrita ao invés de uma caulinita desordenada.





Si-O-Si plano 1036 de vibração 60 1009 50 Si-O apical Vibrações 1115 937 Absorção (%) 40 915 1,19 30 20 10 0 1100 1300 1200 1000 900 800 700 Comprimento de onda (cm⁻¹)

Figura 3. Espectro de FT-IR típico das amostras de solo < 0.053 mm.

Outra evidência para a existência de caulinita desordenada foi obtida a partir dos cálculos das áreas correspondentes às vibrações v_1 , v_2 , v_3 e v_4 . Conforme sugerido por Beauvais e Bertaux (2002), as Lorentzianas usadas para ajustar as quatro vibrações sugerem presença de caulinitas ordenada e desordenada nos pontos de coleta (Figura 4).

Os termogramas das amostras de solo são caracterizados pela presença de três picos, em que podemos destacar a perda de umidade entre 25 – 200 °C em primeira ordem, e em segunda ordem, perda progressiva de massa entre 400 e 600 °C, devido à presença de moléculas de água interlamelares e as hidroxilas do argilomineral (Tabela 4).



Figura 4 – Relação entre as áreas das vibrações $v_2 e v_3$.

Tabela 4 - Principais temperaturas de transições obtidas por TG/DTG

Ponto de coleta T de Transição (
$$^{\circ}$$
C)
1 2 3 4

Scientia Amazonia, v. 3, n.1, 58-64, 2014

Revista on-line http://www.scientia.ufam.edu.br Jan-Abr ISSN:2238.1910

1	242	303	478	
2	241	325	484	
3	241	308	476	
4	239	292	482	
5	243	328	483	
6	252	333	488	
7	237	325	477	661
8	240	323	487	
9	241	324	483	

A temperatura de 242 ± 4 °C indicam a combustão da matéria orgânica (SANTOS, 1989). A variação entre as temperaturas de combustão ocorre devido as diferentes quantidades nas amostras, diferenças estruturais e idade da matéria orgânica. A temperatura em 318 ± 14 °C indica transição endotérmica da gibsita. A variação de 4% nas temperaturas de transição indica a presença de minerais com baixa cristalinidade. Em 482 e 661 °C corresponde a desidroxilação da caulinita e/ou haloisita. No ponto 8 existe uma temperatura de transição em 661 corresponde a transformação de goethita.

Só foi possível separar extratos magnéticos nos pontos de coleta 2 e 4, cujos DRX mostraram a existência de maghemita e/ou magnetita, hematita, quartzo e caulinita (Figura 5). O alargamento acompanhado de uma elevação na região de 15– 300° (2 θ) demonstra a presença de fases mineralógicas com poucos graus de cristalinidade.

A Figura 6 mostra os espectros Mössbauer dos extratos magnéticos dos pontos 2 e 4, que são caracterizados pela presença de goethita, magnetita, maghemita e um dupleto central. Os espectros foram ajustados baseados nos resultados de DRX; ou seja, foram atribuídos dois sextetos para a magnetita nos pontos 2 e 4, também foi adicionado 1 sexteto com suas intensidade de 3:2:1, referente a goethita. Nos ajustes foi acrescentado um dupleto de Fe paramagnético (Tabela 5).





Figura 5 – DRX dos extratos magnéticos obtidos dos pontos de coleta 2 e 4

Os parâmetros hiperfinos calculados mostram basicamente dois sextetos magnéticos com campos de 49,3 e 46,1 Tesla no ponto 2 e no ponto 4 de 49,4 e 45,7 Tesla, caracterizando a existência de magnetita nas duas amostras. Não pode ser afirmado, contudo, que não existe maghemita, principalmente no ponto 2, cuja área do sítio octaédrico é de 10%, representando um espinélio com muita vacância.

A situação anômala ocorrida pela presença dos óxidos magnéticos não permite fazer alguma inferência sobre a evolução mineralógica da magnetita, porém, sugere que a atividade antrópica industrial seja a responsável por introduzir esses minerais à mineralogia local. *Scientia Amazonia*, v. 3, n.1, 58-64, 2014 Revista on-line http://www.scientia.ufam.edu.br

Jan-Abr ISSN:2238.1910



Figura 5 – Espectros Mössbauer dos extratos magnéticos obtidos a temperatura de 298 K dos pontos (a) 2 e (b) 4.

Tabela 5 - Parâmetros Mössbauer obtidos a 298 K dos extratos magnéticos sem tratamento. $[Fe^{3+}] = S$ ítio tetraédrico, $\{Fe^{3+/2+}\} = S$ ítio Octaédrico e D = dupleto paramagnético.

PC	Sítio	B_{hf}	δ(Fe)	2εq2∆q	Γ	AR
		T	mms ⁻¹	mms ⁻¹	mm s ⁻¹	%
2	[Fe ³⁺]	49,3	0,21	0,00	0,45	44,0
	${\rm Fe}^{3+/2+}$	46,1	0,31	0,00	0,53	10,0
	Sexteto	33,6	0,28	-0,30	0,57	35,0
	Dupleto		0,60	0,29	0,45	8,80
4	[Fe ³⁺]	49,4	0,20	0,00	0,45	40,0
	${\rm Fe}^{3+/2+}$	45,7	0,48	0,00	0,54	12,0
	Sexteto	33,1	0,17	-0,18	0,67	39,5
	Dupleto		0,61	0,27	0,48	7,80
-			·			

O erro estimado é de 4 T para o B_{hf} e 0,01 mm s⁻¹ para o deslocamento quadrupolar.

4 Conclusões

Os resultados mostraram que a atividade antrópica industrial introduziu óxidos de ferro magnético na composição mineralógica dos solos do PIM. Apesar disso, os parâmetros físicos e químicos são de forma geral típicos de solos da região Amazônica; ou seja, i) valores de pH em água entre 4,48-7,68; ii) CTC efetiva baixa e iii) predominância quartzo e mistura de haloisita e caulinita. As caulinitas do PIM são aperiódicas, possuem pleocroismo e estão distribuídas em dois grupos: um ordenado e outro desordenado. A EM realizada nas amostras dos pontos 2 e 4 mostrou a presença de magnetita e maghemita em diferentes graus de oxidação, além de goethita. A TG mostrou a presença de gibsita no ponto 8.

Divulgação

Este artigo de revisão é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os



autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

ANDREOLA, F.; COSTA, R.M.; OLSZEVSKI, N. 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, 2004, n. 24, p.857-865.

BAIRD, C. Environental Chemestry. 2.ed. New York: W.H. Freedman & Company. 2002.

BETTS, R., MALHI, Y., ROBERTS, J.T. The future of the Amazon: new perspectives from climate, ecosystem and social sciences. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences, 2008, n. 363, p. 1729-1735.

CHAVES, E.V., SANTANA, G.P. Distribuição de metais pesados em solos do aterro sanitário e Polo Industrial de Manaus. Igapó, 2011, n.4, p.53-59.

BEAUVAIS, A., BERTAUX, J. In situ characterization and differentiation of kaolinite in lateritic weathering profiles using infrared microspectroscopy. Clays and Clay Minerals, 2000, n. 50, p.314-330.

BRINDLEY, G.W., et al., Relation between structural disorder and other characteristics of kaolinites and dickites. Clays and Clays Minerals, 1986, n. 34, p. 239-249.

DENG, Y., WHITE, D.G., DIXON, J.B. Effect of structural stress on the intercalation rate of kaolinite. Journal of Colloid and Interface, 2002, n. 250, p. 379-393.

EMBRAPA. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. Organizador Fábio César da Scientia Amazonia, v. 3, n.1, 58-64, 2014

Revista on-line http://www.scientia.ufam.edu.br Jan-Abr ISSN:2238.1910

Silva. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.

EPA. Disponivel em: www.epa.gov/ada/download/issue/issue14.pdf/. Acesso em junho de 2007.

FARMER, V.C. The infrared spectra of minerals. Mineralogical Society, London, 1974. 500p.

FEARNSIDE, P.M. Amazonian deforestation and global warming:Carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. Forest Ecology and Management, 1996, n.80, p.21-34.

FERREIRA, S.J.F.; LUIZÃO, F.J.; F. MIRANDA, S.A.; SILVA, M.S.R. da.; VITAL, A.R.T. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na amazônia central submetida à extração seletiva de madeira. Revista Acta Amazônica, 2006 n. 36, p.59-68.

FIALIPS, C.I, et al Influence of systhesis pH on kaolinites crystalnity and surface properties. Clays and Clay Mineral, 2000, n. 48, v. 2, p.173-184.

MONIZ, A. C. Elementos de pedologia. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos Editora S.A. 1975. 458 p.

MOORE, D.M. and REYNOLDS, Jr., R.C. X-ray diffractions and the identification and analysis of clay minerals. Oxford University Press, New York, 1989, 200p.

PROST, R. et al. Infrared study of structural OH in kaolinite, dickite, nacrite and poorly crystalne kaolinite at 5 to 600 °K. Clays and Clay Minerals, 1989, n. 37, p.464-468.

SANTOS, P.S. Ciência e Tecnologia de Argilas. 2° ed., São Paulo, Edgard Blucher, v. 1, 1989.

VANDENBERGHE R.E., De GRAVE E., BAKKER P.M.A. On the methodology of the analysis of Mössbauer spectra. Hyperfine Interactions, 1994 n. 83, p.29-49.