

Extração seletiva de Ferro e Alumínio em solos antrópicos e não antrópico ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM⁽¹⁾.

Luís Antônio Coutrim dos Santos⁽²⁾; Valdomiro Severino de Souza-Junior⁽³⁾; Milton César Costa Campos⁽⁴⁾; Uilson Franciscon⁽⁵⁾, Pérsio de Paula Neto⁽⁵⁾; Elis Regina Guimarães Câmara⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM;

⁽²⁾ Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, E-mail: santoslac@gmail.com;

⁽³⁾ Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco; ⁽⁴⁾ Professor Adjunto III, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas; ⁽⁵⁾ Graduando em Engenharia Ambiental do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas; ⁽⁶⁾ Mestranda em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

RESUMO: Os solos da região amazônica são conhecidos por serem ácidos e de baixa fertilidade, no entanto, existem os solos antrópicos que apresentam alta fertilidade natural. O objetivo do trabalho foi realizar a extração seletiva de ferro e alumínio em solos antrópicos e não antrópico ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM. Com base no relevo uma topossequência foi subdividida em cinco segmentos de vertente. Os perfis de solos 1 e 2 (Luvissolo Crômico) foram abertos em área de Terra Preta Arqueológica (TPAs), os perfis 3 e 4 (Cambissolo Háplico) em áreas de Terra Mulata (TMs) e o perfil 5 (Gleissolo Háplico) em solo não antrópico. As formas de ferro livre mais cristalina (Fe_d) e alumínio (Al_d) foram extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB). Para extração dos óxidos mal cristalizados de ferro (Fe_o) e alumínio (Al_o) foi utilizado o oxalato ácido de amônio $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ a pH 3. Foram extraídas as formas de ferro e alumínio através do método do pirofosfato de sódio, utilizando solução de pirofosfato de sódio $0,1 \text{ M}$. As maiores relações $Fe_o/(Fe_d+Fe_o)$ apresentadas para os Cambissolos Háplicos indicam uma dominância de formas de óxidos-Fe de baixa cristalinidade, e confirma a incipiência desses solos.

Termos de indexação: solos amazônicos, Terra Mulata, Terra Preta Arqueológica.

INTRODUÇÃO

A grande maioria dos solos da região Amazônica são altamente intemperizado e de baixa fertilidade natural (Cunha et al., 2007). Nas regiões de várzeas, os solos normalmente são rasos, apresentando altos teores de silte e geralmente com elevada saturação por base (Lima et al., 2006). Em contraste aos solos de baixa fertilidade, existem as chamadas Terras Pretas Arqueológicas (TPAs), que apresentam alta “fertilidade natural”, coloração escura e a presença de fragmentos de cerâmica incorporados à matriz do solo (Kampf & Kern, 2005).

As manchas das TPAs, geralmente são cercadas por uma ampla faixa de solo denominado de Terra Mulata (TM), que apresentam cor acinzentada em seus horizontes superficiais, teores menos elevados de matéria orgânica e fósforo e pouco fragmento de cerâmica (Sombroek, 1966).

De acordo com Inda Junior & Kampf (2003), três formas vêm sendo usada basicamente para avaliar os teores de ferro no solo, sendo elas: (I) ferro total; (II) ferro constituinte dos óxidos de ferro pedogênicos, e (III) ferro constituinte dos óxidos de ferro pedogênicos de baixa cristalinidade. O ferro extraído pela dissolução seletiva dos óxidos de ferro pedogênicos abrange os óxidos cristalinos, de baixa cristalinidade e não-cristalinos (Inda Junior & Kampf, 2003). Os mesmos métodos de extração para ferro também vêm sendo aplicado para a extração do alumínio.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi realizar a extração seletiva de Ferro e Alumínio em solos antrópicos e não antrópico ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM.

MATERIAL E MÉTODOS

A topossequência estudada localiza-se na mesorregião Sul do estado do Amazonas, no município de Apuí. Situa-se no grupo climático A (Clima úmido tropical), tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração, com precipitação pluvial anual de 1.750 a 2.750 mm, temperaturas médias anuais do ar entre 25 e 26°C (Brasil, 1975).

Com base no relevo (declividade do terreno) a topossequência foi subdividida em cinco (5) segmentos de vertente e aberto uma trincheira em cada, sendo os perfis 1 e 2 em área de TPAs, perfis 3 e 4 TMs e perfil 5 em solo não antrópico. Os solos foram classificados de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solo (Embrapa, 2013) como: Perfil 1, topo ($07^\circ 12' 00'' \text{ S}$; $59^\circ 39' 35'' \text{ W}$): Luvissolo Crômico Órtico típico, A antrópico, textura



argilosa; Perfil 2, terço superior (07° 12' 03" S; 59° 39' 35" W): Luvissoilo Crômico Pálico típico, A antrópico, textura argilosa; Perfil 3, terço inferior (07° 12' 08" S; 59° 39' 35" W): Cambissolo Háptico Ta Distrófico léptico, A antrópico, textura argilosa; Perfil 4, sopé de transporte (07° 12' 09" S; 59° 39' 36" W): Cambissolo Háptico Ta Distrófico típico, A antrópico, textura argilosa e Perfil 5, sopé de deposição (07° 12' 12" S; 59° 39' 37" W): Gleissolo Háptico Ta Distrófico típico, A moderado, textura siltosa.

As formas de ferro livre mais cristalina (Fe_d) e alumínio (Al_d) foram extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), usando três extrações sucessivas de 15 min à temperatura de 80 °C, segundo método de Mehra & Jackson (1960), com as modificações realizadas por Inda Junior & Kämpf (2003). A determinação destes foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica. Para extração dos óxidos mal cristalizados de ferro (Fe_o) e alumínio (Al_o) foi utilizado o oxalato ácido de amônio 0,2 mol.L⁻¹ a pH 3, no escuro em uma única extração (Schwertmann, 1964), a determinação foi por espectrofotometria de absorção atômica.

Foram extraídas as formas de ferro e alumínio através do método do pirofostato de sódio, utilizando solução de pirofosfato de sódio 0,1 M, para esta análise foram utilizado 0,3g de TFSA passada em peneira com malha de 100 mesh e em seguida adicionados 30 mL de solução de pirofosfato de sódio 0,1 M e agitação por 16 horas, conforme método descrito por McKeague et al. (1971), a determinação do ferro e do alumínio foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica.

Os valores dos elementos ferro e alumínio extraídos com DCD, oxalato e pirofosfato de sódio foram expressos em g.kg⁻¹ dos elementos e em seguida foram feito as seguintes relações: $\frac{Fe_o}{Fe_d}$ e

$$\frac{Fe_o}{Fe_d - Fe_o}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores da extração seletiva para o elemento ferro são apresentados na **tabela 1**. Os maiores valores de Fe extraído com DCB (Fe_d) foram verificados para os dois perfis de TPAs, com valores intermediários para os solos de TMs e menores para o solo de várzea. Ghidin et al. (2006), verificaram a menor concentração do ferro cristalino na parte baixa da topossequência, atribuindo isso a relação entre o regime de umidade do solo e processo de desferrificação. Para Costa et al. (2009), os processos de oxidação e redução, ainda que por um curtos períodos de tempo, unificados à presença de

matéria orgânica, são satisfatórios para que através da atividade microbiana ocorra a redução das formas oxidadas de ferro (Fe^{3+}), presente na estrutura dos óxidos para à forma reduzida (Fe^{2+}), está última por ser solúvel pode ser removida do solum.

Os maiores teores de ferro localizados no topo e nos terços inferior e superior da topossequência é em decorrência da ausência de processos de oxidação e redução, favorecendo assim a acumulação deste elemento em relação a outros minerais mais solúveis (COSTA et al., 2009).

Observa-se um decréscimo em profundidade dos valores do Fe extraído com o oxalato ácido de amônio (Fe_o) nos perfis de Luvissoilos e Cambissolos e uma tendência de aumento em profundidade para o Gleissolo. Maiores valores de Fe apresentado para os horizontes A antrópicos estão provavelmente relacionado ao maior teor de matéria orgânica (Lima et al., 2002) Para Kämpf & Schwertmann (1983), esses maiores valores de Fe_o nos horizontes Au1 e Aup dos solos antrópicos está associado aos maiores teores de C orgânico nestes horizontes, pois a fração húmica tem efeito inibidor na cristalização desses minerais.

Os valores de ferro extraído por pirofosfato de sódio (Fe_p) foram semelhantes para todos os solos antrópicos, apresentando maiores valores de Fe_p do que o solo não antrópico do perfil 5. Desta maneira os valores de Fe_p nos solos antrópicos foram maiores que os valores de Fe_o e menores que os valores de Fe_d , com exceção do perfil 3, cujos valores de Fe_d são menores que os Fe_p . Apesar de ser considerado um extrator de Fe complexado por matéria orgânica, Kaiser & Zech (1996), mostraram que pirofosfato de sódio não deve ser utilizado para estimar Fe complexados por matéria orgânica do solo, pois o mesmo pode superestimar tais resultados, em decorrência da reação de peptização de oxihidróxidos de Fe (goethita). Neste contexto, é importante salientar que os perfis 3 e 4 apresentam maior expressão de goethita e no Gleissolo não foi verificada a ocorrência deste mineral (de acordo com as análises de mineralogia). Esses valores são condizentes com os maiores e os menores valores de Fe_p , encontrados nos solos desta topossequência.

A relação Fe_o/Fe_d foi baixa para todos os solos estudados ao longo da topossequência. Entretanto a relação $Fe_o/(Fe_d - Fe_o)$ na qual é descontado os valores de Fe_o dos valores de Fe_d foi baixas nos perfis 1 e 2 do Luvissoilo Crômico e no perfil 5 do Gleissolo Háptico e a mesma foi elevada para os primeiros horizontes dos perfis 3 e 4 Cambissolo Háptico, indicando assim uma dominância de formas de óxidos-Fe de baixa cristalinidade, e confirma a incipiência desses solos (Lima et al., 2002).

O alumínio extraído com DCB (Al_d) apresentam os maiores valores para o perfil 1 (Luvissolo Crômico) e o mesmo foi decrescendo gradativamente ao longo da topossequência. Os menores valores foram observados para o Gleissolo Háptico. Não foi verificado grande mudança destes valores ao longo de cada perfil (**Tabela 1**).

A variação dos teores de Al_o ao longo da topossequência e de cada perfil está provavelmente relacionado ao decréscimo do carbono orgânico em profundidade no perfil e ao longo da topossequência. Em estudo recente Marques et al. (2011), sugerem que, para os horizontes A húmicos de Latossolos, os compostos orgânicos foram predominantemente associados com minerais mal cristalinos representados principalmente por Al_o , uma vez que os Fe_o ocorreu em quantidades menores, como verificado neste estudo.

Os maiores valores de alumínio extraído com o pirofosfato de sódio (Al_p) foram verificados para os Cambissolos Hápticos, seguidos pelos os Luvissolos Crômicos e o solo de várzea (**Tabela 1**). Nos perfis 1, 2 e 5 os valores de Al_p são maiores que os Al_o , e menores que os Al_d . Nos perfis 3 e 4 os valores de Al_p são maiores que as formas extraídas com DCB e oxalato. De acordo com Kaiser & Zech (1996), os valores de Al_p podem ser superestimados, indicando que os revestimentos orgânicos favorecem a peptização de hidróxidos de Al, semelhante aos óxidos hidratados de Fe. Além disso, o pirofosfato parece causar dissolução direta das fases de hidróxido de Al, devido à formação de $Al(OH)_4^-$ solúvel induzida pelo elevado pH do extrator.

CONCLUSÕES

As maiores relações $Fe_o/(Fe_d-Fe_o)$ apresentado para os Cambissolos Hápticos indicam uma dominância de formas de óxidos-Fe de baixa cristalinidade, e confirma a incipiência desses solos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), a Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovação e ao Governo do Estado do Amazonas pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SB.21 Tapajós; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1975. 418p.

COSTA, A. C. S.; BIGHAM, J. M. Óxidos de ferro. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. Química e mineralogia do solo, Parte I. SBCS, Viçosa, MG. 2009. p. 505-572.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). *Acta Amazônica*, 37:91-98, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 2013. 353p.

GHIDIN, A. A.; MELO, V. F.; LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. Topossequência de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. I – mineralogia da fração argila. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:293-306, 2006.

INDA JUNIOR, A. V. KÄMPF, N. Avaliação de procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos com ditionitocitrato-bicarbonato de sódio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:1139-1147, 2003.

KAISER, K.; ZECH, W. Defects in estimation of aluminum in humus complexes of podzolic soils by pyrophosphate extraction. *Soil Science*, 161:452-458, 1996.

KÄMPF, N.; KERN, D.C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E. J. (Org.). Tópicos em Ciência do solo. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, v.5, p.277-320.

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Goethite and hematite in a climosequence in Southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. *Geoderma*, 29:27-39, 1983.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 30:59-68, 2006.

LIMA, H. N.; SCHAEFER, C. E. R.; MELLO, J. W. V.; GILKES, R.J.; KER, J.C. Pedogenesis and pre-Columbian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazonia. *Geoderma*. 110:1-17, 2002.

MARQUES, F. A.; CALEGARI, M. R.; VIDAL-TORRADO, P.; BUURMAN, P. Relationship between soil oxidizable carbon and physical, chemical and mineralogical properties of Umbric Ferralsols. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:25-40. 2011.

McKEAGUE, J. A.; BRYDON, J. E.; MILES, N. M. Differentiation of Forms of extractable Iron and Aluminum

in Soils. Soil Science Society of America Journal.35:33-38, 1971.

MEHRA, O. P. JACKSON, D. M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Miner, 7:317-327, 1960.

SCHWERTMANN, U. Differenzierung der eisen oxide des bodens durch extraktion unit saurer ammoniumoxalat-lösung. Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd, 105:194-202, 1964.

SOMBROEK, W. Amazon Soil: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon Region. Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, 1966. 330p.

Tabela 1 – Extração seletiva de Ferro e Alumínio de solos ao longo de uma topossequência de solos antrópicos e não antrópicos no município de Apuí-AM

Hor	Prof. Cm	-----Extração Seletiva-----						Razões	
		Fe _d	Fe _o	Fe _p	Al _d	Al _o	Al _p	Fe _o /Fe _d	Fe _o / (Fe _d -Fe _o)
g.kg ⁻¹									
P1 Topo – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, A antrópico, textura argilosa									
Au ₁	0-20	21,06	4,33	6,12	17,51	11,18	11,65	0,21	0,26
Au ₂	20-33	30,20	4,30	7,08	19,28	7,96	10,50	0,14	0,17
Bt ₁	33-50	32,91	5,16	8,81	17,46	3,11	8,50	0,16	0,19
Bt ₂	50-68	39,78	3,21	10,16	18,32	1,82	8,69	0,08	0,09
BC	68-83	40,92	3,04	5,33	18,92	1,98	5,48	0,07	0,08
P2 Terço Superior - LUVISSOLO CRÔMICO Pálico típico, A antrópico, textura argilosa									
Aup	0-16	22,34	3,64	4,49	14,08	6,80	8,73	0,16	0,19
Au	16-45	26,80	3,84	6,59	15,79	6,52	11,47	0,14	0,17
BA	45-62	28,37	2,75	7,43	16,10	2,03	9,79	0,10	0,11
Bt	62-105	23,56	3,29	7,71	13,32	1,78	8,97	0,14	0,16
BC	105-135	20,71	2,53	1,63	12,10	1,70	2,59	0,12	0,14
Cc	135-180 ⁺	26,37	1,92	1,26	12,63	1,67	1,67	0,07	0,08
P3 Terço Inferior - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico léptico, A antrópico, textura argilosa									
Aup	0-11	6,08	3,22	8,18	6,11	6,04	14,45	0,53	1,12
Au	11-24	7,21	3,43	8,68	6,84	6,37	18,53	0,48	0,91
BA	24-50	10,01	3,40	9,45	6,48	4,84	16,09	0,34	0,52
Bi	50-85	7,78	2,84	10,58	5,73	3,85	16,24	0,37	0,58
BCr	85-110 ⁺	6,11	1,21	8,07	4,59	1,88	11,69	0,20	0,25
P4 Sopé de Transporte - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A antrópico, textura argilosa									
Aup	0-23	9,49	4,88	9,21	6,22	3,50	16,28	0,51	1,06
AB	23-49	17,33	4,12	9,27	7,69	3,77	16,43	0,24	0,31
BA	49-92	17,43	3,80	7,43	7,45	3,51	16,45	0,22	0,28
Bi	92-127	17,18	2,01	8,59	7,40	2,18	9,83	0,12	0,13
BCr	127-140 ⁺	18,38	2,54	7,70	7,14	2,46	10,35	0,14	0,16
P5 Sopé de Deposito - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A moderado, textura siltosa									
A	0-18	0,99	0,30	0,13	2,47	0,82	1,03	0,31	0,44
CA	18-30	2,01	0,48	0,11	2,30	0,86	1,20	0,24	0,31
Cg ₁	30-46	3,01	0,49	0,12	2,59	0,77	1,18	0,16	0,19
Cg ₂	46-76 ⁺	3,29	0,53	0,17	2,61	0,89	1,10	0,16	0,19

Hor.: horizonte; Prof.: profundidade; Fe_d: formas de Fe extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato (DCB); Fe_o: formas de Fe extraídos por oxalato ácido de amônio (OAA); Fe_p: Formas de Fe extraídos por pirofosfato de sódio; Al_d: formas de Al extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato; Al_o: formas de Al extraídos por oxalato ácido de amônio; Al_p: Formas de Al extraídos por pirofosfato de sódio.