

## Distribuição geoquímica elementar de solos do Pantanal de Barão de Melgaço, MT

**Elaine de Arruda Oliveira Coringa<sup>(1)</sup>; Eduardo Guimarães Couto<sup>(2)</sup>; Pablo Vidal Torrado<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Professora; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) campus Cuiabá Bela Vista; Cuiabá, MT; [elaine.coringa@blv.ifmt.edu.br](mailto:elaine.coringa@blv.ifmt.edu.br);

<sup>(2)</sup> Professor; Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); Cuiabá, MT.

<sup>(3)</sup> Professor; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq/USP); Piracicaba, SP.

**RESUMO:** A análise geoquímica dos solos do Pantanal é uma ferramenta importante para a compreensão dos processos de migração, dispersão e concentração de elementos químicos no solo, permitindo a correlação com as classes de solos formados, possibilitando inferências acerca da sua gênese. Com esse objetivo, foram selecionados 20 perfis de solos representativos na RPPN SESC Pantanal (Barão de Melgaço, MT) para análise geoquímica por FRX de elementos na forma de óxidos. O silício e o alumínio são os elementos que predominam em todos os perfis, com perdas de SiO<sub>2</sub>, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos horizontes inferiores e aumento de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub>, principalmente nos solos de cordilheira (Planossolos e Luvisolos), exceto nos Neossolos Quartzarênicos hidromórficos e alguns Cambissolos Flúvicos, onde a intemperização é mais lenta e o processo de deposição de sedimentos é mais ativo. Dentre os elementos menores ou traços, alguns são encontrados em todos os solos (Mn, Zr e Rb) enquanto outros são detectados somente em alguns perfis (Sr, Y, Cr, V, Ni, Zn), e elementos raros ocorrem isolados em alguns horizontes de poucos perfis (Sm, Cs, W, Ag, Co, Cu, Sn, Eu), em função da diversidade dos processos deposicionais e das condições ácidas e moderadamente ácidas da maioria dos solos da RPPN, onde a mobilidade desses elementos e as perdas por lixiviação provavelmente são mais acentuadas que em outros solos.

**Termos de indexação:** solos hidromórficos, composição geoquímica, Fluorescência de raios X.

### INTRODUÇÃO

O Pantanal Mato-grossense é uma grande e complexa planície de coalescência detrítico-aluvial (Ab' Saber, 1988), cuja área e circunvizinhanças são constituídas por um conjunto litológico que evidenciam episódios deposicionais do período Terciário até os dias atuais. Como consequência, os solos mantêm uma estreita relação com os tipos de sedimentos que foram depositados (Fortunatti e Couto, 2004), compondo uma diversidade de solos com mineralogia rica em minerais de argila 2:1 e

morfologia que reflete as condições do regime hídrico (Assine e Soares, 2004).

O efeito desses processos na geoquímica dos solos pode manifestar-se inicialmente pela redistribuição dos elementos químicos dentro da matriz do solo, entre os horizontes do perfil e, finalmente, entre solos dentro da paisagem (Prakongkep et al., 2008).

A análise geoquímica procura estabelecer relações entre os solos e as potenciais fontes dos elementos (naturais ou antropogênicas) por meio da determinação da concentração de elementos maiores e elementos-traço, permitindo estimar e quantificar o fluxo de elementos durante o intemperismo, o processo de lixiviação, e os ganhos e perdas em relação ao material de origem (Chadwick, et al, 1990), sendo importante indicador dos processos hidrogeoquímicos de transporte ocorridos durante o intemperismo. Por isso, a análise geoquímica dos solos do Pantanal torna-se uma ferramenta importante para a compreensão dos processos de migração, dispersão e concentração de elementos químicos no solo, permitindo a correlação com as classes de solos formados e possibilitando inferências acerca da sua gênese.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi caracterizar e interpretar a composição geoquímica de elementos maiores e menores de solos representativos do Pantanal Norte mato-grossense, na sub-região de Barão de Melgaço, MT.

### MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Pantanal de Barão de Melgaço, sub-região do Pantanal Mato-grossense, na Reserva Particular do Patrimônio Natural do Serviço Social do Comércio (RPPN SESC Pantanal), situada entre os rios Cuiabá e São Lourenço, em uma área de 106.644 hectares).

Foram selecionados vinte perfis para análise geoquímica dos solos, a partir do levantamento realizado por Beirigo et al. (2010), situados em posições distintas na paisagem, e que representam as principais classes de solos do Pantanal (Planossolos, Plintossolos, Cambissolos, Neossolos, Gleissolos e Luvisolos).

Os teores totais dos elementos químicos na forma

de óxidos foram determinados por Espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX), em um Espectrômetro de Raios-X por Dispersão em Energia (Shimadzu EDX-700HS) equipado com tubo de ródio (Rh), detector de Si (Li). Foram determinados os elementos maiores (Si, Al, Fe, Ca, Mg, K) e menores ou traço (Mn, P, S, Cu, Zn, Ti, Ni, Cr, Zr, V, Sr, Sn, Y, Rb, Ba) na TFSA dos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B ou C) dos perfis.

### Análise estatística

A estatística descritiva dos resultados (média, desvio padrão, coeficiente de variação - CV) foi utilizada como uma primeira abordagem na análise geoquímica dos solos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Distribuição geoquímica dos elementos maiores (Si, Al, Fe, K, Mg, Ca, Ti, S, P):

Os elementos que ocorrem em maior proporção em todos os solos estudados estão listados na **tabela 1**. A distribuição desses elementos é controlada principalmente pelo conteúdo relativo de minerais na fração argila dos solos: teores elevados de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{K}_2\text{O}$  geralmente estão relacionados com clorita e illita em abundância, pois o Si, Al e K são mais facilmente retidos na estrutura desses minerais; por outro lado,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{MgO}$  estão relacionados a solos ricos em esmectita autigênica (Setti et al., 2004). Todos os solos da RPPN apresentam caulinita, mica (illita) e traços de esmectita e VHE na fração argila (Coringa, 2011).

Ao avaliar a distribuição dos teores nos horizontes superficiais e subsuperficiais (**Tabela 1**), observa-se que, à medida que o material de origem é alterado nos horizontes subsuperficiais, ocorrem perdas de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  nos horizontes inferiores e aumento relativo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_2$ , principalmente nos solos de cordilheira (Planossolos e Luvisolos). A exceção está nos Neossolos Quartzarênicos hidromórficos e alguns Cambissolos Flúvicos, onde a intemperização é mais lenta e o processo de deposição de sedimentos é mais ativo, pois se situam em terraços e planícies fluviais dos rios São Lourenço e Cuiabá e nos diques marginais.

A tendência dos elementos de se concentrarem no horizonte B (exceto o Si) sugere uma relação com a argila ou com o ferro.

### Distribuição geoquímica dos elementos menores ou traço (Mn, Zr, Sr, Rb, Zn, Cr, Ni, V e Y):

Os teores dos elementos traço em solos são oriundos dos processos de intemperismo de

minerais primários que são herdados da rocha ou transportados de outros locais (Chandrajith et al., 2005). Dos elementos analisados, alguns são encontrados em todos os solos (Mn, Zr e Rb) enquanto outros são detectados somente em alguns perfis (Sr, Y, Cr, V, Ni, Zn), e elementos raros ocorrem isolados em alguns horizontes de poucos perfis (Sm, Cs, W, Ag, Co, Cu, Sn, Eu) (dados não apresentados).

Todavia, concentrações abaixo do limite de detecção do método podem estar relacionadas à menor ocorrência desses elementos na natureza aliada às condições ácidas e moderadamente ácidas da maioria dos solos da RPPN. Nessas condições, a mobilidade desses elementos e as perdas por lixiviação podem ser determinantes para os baixos teores no solo, conforme ressaltado por Paye et al. (2010).

Os teores médios de  $\text{MnO}_2$  dos solos da RPPN SESC Pantanal geralmente são maiores que de outros solos semelhantes, variando de 0,0 a 1.910  $\text{mg kg}^{-1}$ . Seu teor é menor nos Plintossolos e Gleissolos, e por ser um elemento móvel, é facilmente transportado no perfil desses solos hidromórficos.

Os teores de  $\text{ZrO}_2$  estão entre 0,0 a 1.000,0  $\text{mg kg}^{-1}$  com maiores teores em solos sujeitos a encharcamentos periódicos como os Cambissolos e Neossolos Flúvicos, devido ao intemperismo mais lento; nos Plintossolos e Gleissolos, que são relativamente mais intemperizados, o seu teor é menor.

O  $\text{SrO}$  e o  $\text{Rb}_2\text{O}$  são encontrados em todos os solos da RPPN, variando seus teores de 0,0 a 180  $\text{mg kg}^{-1}$  e de 0,0 a 270  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Os Gleissolos têm maiores concentrações de  $\text{Rb}_2\text{O}$  enquanto que o Neossolo Flúvico (perfil P42), os Luvisolos (perfis P16 e P28) e o Plintossolo Argilúvico (perfil P27), têm maiores teores de  $\text{SrO}$ . Marques et al. (2004b) afirmam que esses elementos divalentes e monovalentes são perdidos durante longos períodos de intemperismo.

O  $\text{NiO}$  é detectado apenas em três perfis da RPPN (P05, P21 e P13) com valores acima de 100  $\text{mg kg}^{-1}$ , considerados superiores aos encontrados em solos de áreas inundadas (Chandrajith et al., 2005; Lee, 2006; Prakongkep et al., 2008; Du Laing et al., 2009). As concentrações de  $\text{ZnO}$  (média de 129,2  $\text{mg kg}^{-1}$ ) ultrapassam os valores determinados por Prakongkep et al. (2008) e Chandrajith et al. (2005) em solos semelhantes não contaminados.

Com relação aos elementos trivalentes, a ocorrência desses elementos nos solos da RPPN segue a distribuição dos teores médios nos perfis:



Cr > V > Y onde o cromo varia de 320 a 810 mg kg<sup>-1</sup> (excetuando-se os solos onde não foi detectado), ultrapassando os percentuais obtidos em outros estudos com solos de áreas úmidas não contaminadas e contaminadas.

#### Variabilidade dos resultados geoquímicos:

De acordo com critérios estabelecidos por Licht, (1998), a maior variação é observada para Ca, Mn e P (CV > 0,8), indicando que esses elementos se mobilizaram com maior intensidade nos solos da RPPN em função das condições ambientais e das características intrínsecas dos solos. Outros elementos mostram variação intermediária (0,4 < CV < 0,7) tais como Al, K, Ti, S, Fe, Mg e Zr. Os elementos considerados residuais (Al, Fe, Ti) e ligados à estrutura cristalina dos filossilicatos (K, Mg) mostram menor variação, porém alta, o que pode estar ligada à intensidade do intemperismo dos solos dessa área úmida. Somente o silício apresenta menor variação em sua concentração entre os perfis da RPPN (CV < 0,3), provavelmente em função do enriquecimento em quartzo a que os solos estão submetidos, em maior ou menor grau, dependendo da sua localização.

#### CONCLUSÕES

Todos os elementos maiores analisados (exceto o Si) apresentam tendência em se concentrarem no horizonte B, confirmando a relação com a argila e com os óxidos de ferro, sendo que para os elementos Ca, K e P a influência da biociclagem da matéria orgânica também é significativa.

A influência da pedogênese no teor dos elementos traço não é facilmente detectada nos solos do Pantanal Norte Mato-grossense, considerando-se que a variação observada nos teores médios dos elementos entre amostras de solos de classes diferentes e também entre solos pertencentes a uma mesma classe, em função das propriedades químicas e físicas inerentes a cada perfil.

#### REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. O Pantanal Matogrossense e a teoria dos refúgios. *Revista Brasileira de Geografia*, 1:9-57, 1988.

FORTUNATTI, C. M. & COUTO, E. G. A diversidade dos solos no Pantanal Matogrossense. In: *Anais da 56ª Reunião Anual da SBPC*. SBPC, Cuiabá. 2004.

ASSINE, M. L & SOARES, P. C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. *Quaternary International*, 114:23-34, 2004.

PRAKONGKEP, N.; SUDDHIPRAKARN, A.; KHEORUENROMNE, I.; SMIRK, M. & GILKES, R. J. The geochemistry of Thai paddy soils. *Geoderma*, 144:310-324, 2008.

CHADWICK, O.A.; BRIMHALL, G. H. & HENDRICKS, D.M. From a black to a gray box and mass balance interpretation of pedogenesis. *Geomorphology*, 3:369-390, 1990.

BEIRIGO, R. M.; VIDAL TORRADO, P. & STAPE, J. L.; ANDRADE, G. R. P. Solos da Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 2010. 76 p.

CHANDRAJITH, R.; DISSANAYAKE, C. B. & TOBSCHALL, H. J. The abundances of rarer trace elements in paddy (rice) soils of Sri Lanka. *Chemosphere*, 58:1415-1420, 2005.

PAYE, H. S.; MELLO, J. W. CV.; ABRAHÃO, W. A. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; DIAS, L. C. P.; CASTRO, M. L. O.; MELO, S. B. & FRANÇA, M. M. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:2041-2051, 2010.

MARQUES, J. J.; SCHULZE, D. G.; CURI, N. & MERTZMAN, S. A. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 121:31-43, 2004.

LEE, S. Geochemistry and partitioning of trace metals in paddy soils affected by metal mine tailings in Korea. *Geoderma*, 135:26-37, 2006.

DU LAING, G. ; RINKLEBE, J. ; VANDECASTEELE, B. ; MEERS, E. & TACK, F. M. G. Trace metal behaviour in estuarine and riverine floodplain soils and sediments: a review. *Science of The Total Environment*, 407:3972-3985, 2009.

LICHT, O. A. B.; *Prospecção geoquímica: princípios, técnicas e métodos*. CPRM: Rio de Janeiro, 1998.

**Tabela 1** - Concentração dos elementos maiores (óxidos totais) nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B ou C) dos solos da RPPN SESC Pantanal

Perfil / solo	Hor.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	TiO <sub>2</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		g Kg <sup>-1</sup>								
P04-Planossolo háplico eutrófico arênico	A	868,4	95,6	11,4	13,1	<l.d	7,3	<l.d	3,0	<l.d
	B <sub>tn</sub>	638,3	235,4	82,3	19,6	12,3	7,6	<l.d	1,2	<l.d
P05-Cambissolo flúvico eutrófico típico	A <sub>1</sub>	815,6	115,5	20,9	20,2	7,0	6,4	6,2	2,6	3,9
	Bi	824,9	114,3	17,9	22,9	5,9	7,0	<l.d	2,4	3,4
P06-Cambissolo flúvico eutrófico típico	A <sub>1</sub>	761,7	145,6	35,5	23,8	7,8	9,4	8,2	2,2	3,3
	Bi <sub>2</sub>	733,4	179,6	40,0	24,5	10,0	7,6	<l.d	1,8	<l.d
P09-Planossolo nátrico órtico arênico	A	868,1	85,8	12,2	14,4	4,0	9,8	0,6	2,6	<l.d
	B <sub>tg2</sub>	742,0	176,4	39,6	20,8	10,4	7,4	<l.d	1,6	<l.d
P13-Planossolo háplico alumínico gleissólico	A	902,3	71,0	7,0	11,6	<l.d	3,5	<l.d	2,7	<l.d
	B <sub>tg</sub>	659,5	246,7	56,8	13,9	10,0	9,6	<l.d	<l.d	<l.d
P14-Plintossolo argilúvico alumínico gleissólico	A	807,2	139,8	20,9	14,5	6,0	6,9	<l.d	2,3	<l.d
	B <sub>tfg</sub>	733,2	198,1	35,7	15,0	9,7	6,2	<l.d	1,9	<l.d
P16-Luvissole crômico pálico típico	A	741,5	153,3	38,8	26,1	11,5	9,8	8,9	2,4	4,7
	B <sub>t</sub>	655,9	210,7	73,7	29,9	13,4	10,9	<l.d	1,7	3,0
P19-Planossolo háplico eutrófico arênico	A	852,2	101,3	15,8	20,5	<l.d	5,7	0,7	2,1	<l.d
	B <sub>tg1</sub>	682,0	216,0	53,6	24,2	12,3	9,0	<l.d	1,5	<l.d
P21-Neossolo quartzarênico hidromórfico neofluvissole	A	743,7	172,6	35,1	24,3	9,1	8,0	<l.d	2,6	3,3
	C	934,3	39,5	12,3	7,1	<l.d	1,9	<l.d	3,2	<l.d
P26-Plintossolo pétrico litoplântico êoico	A	678,4	227,2	49,1	15,8	7,7	10,9	<l.d	2,4	6,6
	B <sub>tg2</sub>	700,5	211,8	39,6	22,6	12,3	10,6	<l.d	1,7	<l.d
P27-Plintossolo argilúvico eutrófico gleissólico	A	734,9	178,5	25,1	22,5	8,5	12,0	6,3	3,9	4,6
	2B <sub>f</sub>	586,0	240,3	123,3	23,8	11,6	12,3	<l.d	1,4	<l.d
P28-Luvissole háplico pálico típico	A	753,7	150,3	32,7	24,1	8,2	8,6	12,6	2,5	4,8
	B <sub>12</sub>	653,7	237,3	47,8	27,3	14,3	9,8	<l.d	1,3	<l.d
P30-Neossolo quartzarênico hidromórfico plântico	A	854,2	105,2	9,4	17,2	<l.d	7,4	<l.d	2,9	2,4
	C <sub>2</sub>	917,2	43,1	6,7	10,0	<l.d	1,7	<l.d	5,4	<l.d
P31-Plintossolo argilúvico distrófico espessarênico	A	920,5	58,8	6,0	5,7	<l.d	5,2	<l.d	3,1	<l.d
	B <sub>tfg2</sub>	675,2	246,4	38,8	17,9	10,1	8,7	<l.d	1,4	<l.d
P33-Gleissolo háplico alumínico típico	A <sub>1</sub>	637,7	235,1	77,5	21,6	12,3	9,4	3,4	0,9	<l.d
	B <sub>g2</sub>	601,1	246,4	110,3	13,5	10,3	9,3	2,9	0,8	<l.d
P34-Cambissolo flúvico eutrófico gleissólico	A	632,0	248,9	50,0	36,4	16,9	10,4	<l.d	1,5	<l.d
	Bi <sub>g</sub>	651,7	222,2	59,5	34,5	15,6	10,8	<l.d	1,4	<l.d
P37-Cambissolo flúvico eutrófico gleissólico	A	612,1	238,5	61,0	38,1	15,6	13,4	11,3	5,4	2,9
	Bi <sub>g</sub>	669,0	219,2	51,4	31,6	13,9	11,7	0,0	1,6	<l.d
P38-Gleissolo háplico alumínico neofluvissole	A	656,3	225,2	52,8	27,9	13,0	11,3	6,5	2,7	2,6
	B <sub>gf2</sub>	730,8	198,1	25,9	20,2	10,0	12,3	<l.d	1,6	<l.d
P42-Neossolo flúvico eutrófico gleissólico	A	670,2	225,6	53,9	25,6	10,8	14,5	<l.d	1,4	<l.d
	C	667,9	211,2	71,4	24,6	8,1	13,5	<l.d	2,0	<l.d
P43-Planossolo háplico distrófico plântico	A	645,6	231,2	65,7	25,6	14,4	9,6	4,3	1,3	<l.d
	B <sub>tn</sub>	681,1	237,9	36,5	19,5	12,3	10,4	<l.d	1,4	<l.d

< l.d: menor que o limite de detecção do instrumento