

Geoquímica, mineralogia e atributos de Gleissolos de dois leques aluviais no Pantanal Norte⁽¹⁾

Alexandre Ferreira do Nascimento⁽²⁾; Sheila Aparecida Correia Furquim⁽³⁾; Raphael Moreira Beirigo⁽⁴⁾; Jairo Calderari de Oliveira Júnior⁽⁵⁾; Eduardo Guimarães Couto⁽⁶⁾,
Pablo Vidal-Torrado⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP (processo 2009/50422-3).

⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Solos UEP Recife, Rua Antônio Falcão, 402, Boa Viagem, Recife, PE. E-mail: alexandre.nascimento@embrapa.br; ⁽³⁾ Professora da Universidade Federal de São Paulo; ⁽⁴⁾ Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade de São Paulo; ⁽⁵⁾ Professor da Universidade Federal de Mato Grosso. ⁽⁷⁾ Professor da ESALQ-Universidade de São Paulo.

RESUMO: As características dos leques aluviais no Pantanal podem influenciar na gênese de solos dessa planície por possuírem diferentes áreas fonte de sedimentos. O objetivo deste trabalho foi estudar dois Gleissolos nos leques aluviais dos rios São Lourenço e Cuiabá, respectivamente, no Pantanal Norte. Análises de rotina, teores de C total e análise elementar total foram determinados na TFSA. A mineralogia da argila foi feita por DRX. Os perfis foram classificados como GLEISSOLO HÁPLICO Alumínico típico(GXa). As principais diferenças observadas são os teores de C total, mais elevados no GXa1 (São Lourenço), a presença de plintita no GXa2 (Cuiabá), e os teores médios de Fe₂O₃ e CaO, mais elevados no GXa2. Essas pequenas diferenças entre os dois solos podem estar relacionadas ao contexto geomorfológico de cada local, tendo em vista que o GXa1 está em uma planície fechada que permanece inundada por mais tempo, o que permite o maior acúmulo de C, por outro lado, por estar em uma planície aberta, o GXa2 drena mais rápido, o que pode ter contribuído para a formação da plintita e maior acúmulo de Fe₂O₃.

Termos de indexação: Solos inundados, alumínio, pedogênese, sistema deposicional, área fonte.

INTRODUÇÃO

O Pantanal é uma grande bacia sedimentar que possui vários leques aluviais, sistemas deposicionais distributários responsáveis pela dinâmica atual de inundação, transporte dos sedimentos oriundos das áreas a montante e deposição na planície (Assine & Soares, 2004). No norte dessa grande planície destacam-se os leques do São Lourenço e do Cuiabá, que recebem os nomes dos principais rios da região (Assine & Soares, 2004).

Esses dois leques possuem áreas de produção de sedimentos, também chamadas de áreas fonte (Assine & Soares, 2004), com diferenças geológicas importantes que podem contribuir para a formação dos solos da planície (Barros et al., 1982; Del'Arco et al., 1982). Essas diferenças já foram observadas nas águas de drenagem oriundas dessas duas áreas (Rezende Filho et al., 2012), contudo,

informações referentes à influência nos sedimentos e na gênese dos solos dessa planície ainda são escassas.

Dessa forma, busca-se com esse trabalho estudar dois solos inundáveis no Pantanal Norte que possuem sedimentos depositados pelo leque aluvial do São Lourenço e do Cuiabá.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na RPPN SESC Pantanal, situada entre as coordenadas 16°32' - 16°49'S e 56°03' - 56°26'W, município de Barão de Melgaço - MT - ao norte do Pantanal. Com base em estudos geomorfológicos prévios foram selecionados dois perfis, o primeiro em uma planície fechada do leque aluvial do São Lourenço, e o segundo em uma planície aberta no leque aluvial do Cuiabá, ambos em locais inundáveis. Para este estudo foram realizadas expedições ao campo no período de vazante e no período de inundação do Pantanal Norte. No período de vazante os perfis representativos foram abertos, descritos e coletados de acordo com Santos et al. (2005). No período de inundação foram realizadas as medidas de altura de inundação.

As amostras coletadas foram passadas em peneira com malha de 2 mm para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e submetidas às análises químicas e físicas de rotina para obtenção do pH em água, fósforo trocável (P), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (T), saturação da T por bases (V), saturação da T por alumínio (m) e teores de argila, silte e areia. A análise do carbono total (C) da TFSA foi realizada utilizando o analisador elementar de combustão seca (LECO® CN-2000). A análise elementar quantitativa total foi realizada na TFSA das amostras dos horizontes utilizando a Espectrometria de raio-x por energia dispersiva (EDX - Shimadzu EDX700HS).

A fração argila total e argila fina de 2 horizontes, um de cada perfil, foi submetido à análise mineralógica por difração de raio-X, seguindo Jackson (1979). As lâminas preparadas com argila orientada foram submetidas aos seguintes tratamentos: Mg²⁺ a 25 °C; Mg²⁺ e etilenoglicol (EG); K⁺ a 25 °C; K⁺ a 300 °C; K⁺ a 500 °C. As amostras

foram irradiadas no intervalo de leitura de 3 a 35 °2θ ao passo de 0,02 °2θ no aparelho de Raio-X Rigaku MiniFlex II, com tubo de Cobre (Cu) e monocromador de grafite.

Os picos dos difratogramas da fração argila fina tratadas com Mg²⁺ e EG foram submetidos a decomposição utilizando o modelo de Lorentzian. As áreas dos picos obtidas no difratograma com EG foram utilizadas na estimativa semiquantitativa da porcentagem de cada mineral da matriz (Moore e Reynolds, 1989)., bem como para se calcular o índice de componentes expansíveis na estrutura de mica, usando a fórmula:

$$\frac{I(001)/I(003) (Mg^{2+})}{I(001)/I(003) (EG)} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que I(001) e I(003) correspondem as áreas dos picos d₀₀₁ e d₀₀₃ da mica, respectivamente, saturada com Mg²⁺ e EG. Índices superiores a 1 indicam interestratificação entre mica e material expansível (Srodón & Eberl, 1984). Além disso, também foi calculado o índice que indica o teor de ferro na estrutura da mica pela equação:

$$I(001)/I(002) \quad \text{Eq. 2}$$

Em que I(001) e I(002) correspondem as áreas dos picos d₀₀₁ e d₀₀₂ da mica, respectivamente, saturada com Mg²⁺ (Huggett et al., 2001). Valores maiores que 2 estão relacionados a teores altos de ferro na camada octaedral da mica (Huggett et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dois perfis estudados foram classificados como GLEISSOLO HÁPLICO Alumínico típico - GXa (Embrapa, 2006). Pelo fato de receberem a mesma classificação e sigla, o perfil no leque aluvial do São Lourenço foi denominado GXa1, e o perfil do Cuiabá de GXa2 (**Tabela 1**). Datações por luminescência opticamente estimulada indicam idade holocênica para ambos perfis (Nascimento, 2012).

O local onde foi descrito o perfil GXa1 tem a vegetação composta por cambará (*Vochysia divergens*) e sub-bosque herbáceo e arbustivo adaptados a inundações, que, no pico máximo (maio de 2011), possui lâmina d'água de 0,5-0,8 m. Este local consiste de uma planície que acumula água de chuvas e, embora próximo do rio São Lourenço, atualmente recebe pouca influência hídrica deste (Nascimento, 2012).

O perfil GXa2 foi descrito em um local que possui vegetação composta predominantemente por arbustos adaptados a inundações, chamado localmente de espinheiro. A lâmina d'água de inundações foi de 2-2,2 m, que está relacionada as cheias do rio Cuiabá (Girard et al., 2010). A velocidade do fluxo superficial de água no perfil é mais elevada no início da inundações, 0,25 m s⁻¹, e diminui a medida de a lâmina de inundações

aumenta, chegando a 0,14 m s⁻¹ na máxima cheia (Girard et al., 2010).

A morfologia de ambos perfis é similar, possuindo horizonte A moderado, horizontes subsuperficiais com estrutura predominantemente prismática, consistência muito plástica e muito pegajosa quando molhados, cor úmida entre cinzento claro e cinzento escuro, mosqueados intragregados abundantes de cor vermelho-vermelho claro, distintos de tamanho médio e grande. Uma importante diferença morfológica entre os dois perfis é a presença de plintita em um horizonte do GXa2. Os horizontes subsuperficiais mais profundos, Bg3 do GXa1 e Bgf do GXa2, se diferenciam dos horizontes B sobrejacentes por possuírem menor grau de desenvolvimento da estrutura prismática, comum nos horizontes subsuperficiais dos solos argilosos inundados desse ambiente (Nascimento, 2012).

O horizonte A do GXa1 se distingue do GXa2 por possuir menor teor de areia, maiores teores de argila e de C total, o que reflete em maior SB e T (**Tabela 1**). Isso pode ser atribuído aos fluxos superficiais presente no GXa2, com energia suficiente para transportar os materiais da fração argila, porém, insuficiente para transportar a areia, que permanece na superfície. A maior presença de areia no horizonte A do GXa2, que possui o quartzo como mineral predominante (Nascimento, 2012), tem reflexo também na geoquímica da sua TFSA, com maior teor de SiO₂ e menor de Al₂O₃ em relação ao horizonte A do GXa1 (**Tabela 2**). Os fluxos superficiais, responsáveis pela remoção de material fino do horizonte superficial do GXa2, removem também o C adicionado pelas plantas na planície do rio Cuiabá. Por outro lado, por ser uma planície fechada, o que confere fluxo superficial quase inexistente no GXa1, o C adicionado pelas plantas permanecem no solo, resultando em maior acumulação.

Embora os horizontes subsuperficiais do perfil GXa2 apresentem maiores teores de argila e de C total, com exceção do horizonte Bg1, estes horizontes apresentam menor T, reflexo de uma mineralogia com menor quantidade de esmectita na argila fina (**Tabela 3**). A maior quantidade de esmectita na argila fina é mais provável nos solos oriundos do leque aluvial do Cuiabá, por possuir água de drenagem mais rica em Ca e Mg (Rezende filho et al., 2012), contudo, isso não foi observado. Dessa forma, a maior quantidade de esmectita na argila fina do horizonte do GXa1 pode ser atribuída ao contexto geomorfológico que se insere, drenando a água de inundações majoritariamente por evapotranspiração (Nascimento, 2012), o que confere condições para a neoformação desse tipo de argila (Huggett et al., 2001). Os índices da mica extraídos por meio dos difratogramas da argila fina

indicam que os dois solos possuem mica interestratificada com mineral expansível e baixa quantidade de ferro na sua estrutura (Srodón & Eberl, 1984; Huggett et al., 2001).

Ressalta-se que a matriz mineralógica da fração argila total e fina do Bg3 do GXa1 e Bg2 do GXe2 é composta predominantemente pela caulinita, com mica e esmectita em menores quantidades (**Figura 1; Tabela 3**).

Todos os horizontes subsuperficiais do GXa2 apresentam maior soma de bases e V% em relação aos horizontes subsuperficiais do GXa1. Salienta-se que ambos os solos possuem elevada saturação por alumínio trocável nos horizontes subsuperficiais, sendo ligeiramente maior no GXa1. O elevado valor de m% pode estar associado aos ciclos alternados de inundação que promovem a ferrólise (Brinkman, 1970), processo comum neste ambiente, que promove também a diminuição do pH, como observado no presente estudo, apresentando todos os solos reação fortemente ácida (Embrapa, 2006).

A TFSA dos horizontes dos perfis estudados apresenta, em média, resultados químicos totais semelhantes (**Tabela 2**). Entretanto, destaca-se a quantidade média de Fe_2O_3 maior no GXa2, que evidencia uma hidrologia com maior oscilação do lençol freático, levando inclusive à formação de plintita (Bgf), dinâmica condicionada pela planície, mais aberta e com drenagem mais rápida que a do GXa1 (Nascimento, 2012). Outro destaque é a ocorrência, mesmo em pequena quantidade, de CaO em dois horizontes do GXa2, que pode ser atribuído à área fonte de sedimentos do leque aluvial do Cuiabá, que possui maiores áreas com ocorrência de calcários em relação a área fonte de sedimentos do GXa1, leque do São Lourenço (Barros et al., 1982; Del'Arco et al., 1982).

CONCLUSÕES

Os Gleissolos no Pantanal Norte que possuem idade holocênica e diferentes áreas fonte de sedimentos não apresentam diferenças geoquímicas e pedológicas expressivas.

As diferenças observadas nos Gleissolos estudados estão relacionadas mais à configuração geomorfológica e à dinâmica de cada local, e não à natureza geoquímica dos sedimentos e das águas dos sistemas fluviais que os originaram, uma vez que possuem formações geológicas com litologia semelhante em suas áreas fonte.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP (processo 2009/54372-0, 2009/50422-3 e 2011/11905-9). Ao SESC Pantanal pelo apoio logístico para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASSINE, M.L. & SOARES, P.C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. *Quaternary International*, 114: 23–34, 2004.
- BARROS, A.M.; SILVA, R.H.; CARDOSO, O.R.F.A.; FREIRE, F.A.; SOUZA JUNIOR, J.J.; RIVETTI, M.; LUZ, D.S.; PALMEIRA, R.C.B. & ASSINARI, C.C.G. Geologia da Folha SD.21 (Cuiabá). In: Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia, 1982. p. 25-192.
- BRINKMAN, R. Ferrolysis, a hydromorphic soil forming process. *Geoderma*, 3: 199-206, 1970.
- DEL'ARCO, J.O.; DA SILVA, R.H.; TARAPANOFF, I.; FREIRE, F.A.; MOTA PEREIRA, L.G.; SOUZA, S.L.; PALMEIRAS, R.C.B. & TASSINARI, C.C.G. Geologia da Folhas SE. 20/21 (Corumbá). In: Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia, 1982. p. 25-160.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.
- GIRARD, P.; FANTIN-CRUZ, I.; OLIVEIRA, S.M.L. & HAMILTON, S.K. Small-scale spatial variation of inundation dynamics in a floodplain of the Pantanal (Brazil). *Hydrobiologia*, 638: 223–233, 2010.
- HUGGETT, J. M.; GALE, A.S.; CLAUER, N. The nature and origin of non-marine 10 Å clay from the Late Eocene and Early Oligocene of the Isle of Wight (Hampshire Basin), UK. *Clay Minerals*, 36: 447–464, 2001.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis: advanced course. Madson, 1979. 895 p.
- MOORE, D.M. & REYNOLDS JR., R.C. X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford University press, New York, 1989. 378 pp.
- NASCIMENTO, A.F. Relações pedologia-geomorfologia-sedimentologia no Pantanal Norte. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, 2012. 200p. (Tese de Doutorado).
- REZENDE FILHO, A.T.; FURIAN, S; VICTORIA, R.L.; MASCRÉ, C.; VALLES, V. & BARBIERO, L. Hydrochemical variability at the Upper Paraguay Basin and Pantanal wetland.. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16: 2723-2737, 2012.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5 ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- SRODÓN, J. & EBERL, D.D. Illite. In: BAILEY, S.W., ed. Micas: Reviews in Mineralogy, 13. Washington, D.C: Mineralogical Society of America, 1980. p. 495–544.

Tabela 1 - Granulometria, pH, carbono (C), fósforo trocável (P), soma de bases trocáveis (SB), CTC (T), saturação de bases (V) e alumínio (m) de solos sob influência do leque aluvial do São Lourenço (GXa1) e do Cuiabá (GXa2)

| Hor. | Prof. cm | Areia % | Silte % | Argila % | pH H ₂ O | C g kg ⁻¹ | P mg kg ⁻¹ | SB ---cmol _c kg ⁻¹ --- | T | V % | m % |
|---|-----------|---------|---------|----------|---------------------|----------------------|-----------------------|--|------|-----|-----|
| GLEISSOLO HÁPLICO Alumínico típico - GXa1 | | | | | | | | | | | |
| A | 0-30 | 5 | 26 | 69 | 4,7 | 31,8 | 2 | 6,2 | 21,4 | 29 | 36 |
| Bg1 | 30-50 | 7 | 49 | 44 | 4,4 | 8,4 | 0 | 1,2 | 11,2 | 11 | 81 |
| Bg2 | 50-105 | 2 | 32 | 66 | 4,7 | 5,6 | 0 | 1,7 | 16,7 | 10 | 88 |
| Bg3 | 105-150 | 6 | 31 | 63 | 4,9 | 4,8 | 0 | 2,5 | 14,7 | 17 | 78 |
| GLEISSOLO HÁPLICO Alumínico típico - GXa2 | | | | | | | | | | | |
| A | 0 - 20 | 22 | 24 | 54 | 4,5 | 13,9 | 2 | 5,4 | 16,2 | 33 | 42 |
| Bg1 | 20 - 60 | 5 | 17 | 78 | 4,6 | 7,5 | 1 | 7,8 | 13,4 | 24 | 73 |
| Bg2 | 60 - 120 | 2 | 14 | 84 | 4,6 | 7,5 | 1 | 8,4 | 12,9 | 22 | 73 |
| Bgf | 120 - 150 | 9 | 13 | 78 | 4,7 | 5,2 | 1 | 7,8 | 10,5 | 32 | 58 |

Hor. = horizonte; Prof. = profundidade

Tabela 2 - Resultados da análise elementar total da terra fina seca ao ar dos horizontes do GXa1 e GXa2

| Hor. | Prof. cm | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | K ₂ O | SO ₃ | MnO | MgO | CaO | TiO ₂ | ZrO ₂ |
|---|-----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------|------|------|------------------|------------------|
| % ----- | | | | | | | | | | | |
| GLEISSOLO HÁPLICO Alumínico típico - GXa1 | | | | | | | | | | | |
| A | 0-30 | 64,0 | 26,9 | 4,4 | 2,2 | 0,12 | 0,03 | 1,30 | 0,00 | 0,91 | 0,00 |
| AC | 30-50 | 70,7 | 18,7 | 6,1 | 2,2 | 0,16 | 0,02 | 1,00 | 0,00 | 1,05 | 0,04 |
| Cg1 | 50-105 | na | na | na | na | na | na | na | na | na | na |
| Cg2 | 105-150 | 59,4 | 28,7 | 6,9 | 2,3 | 0,10 | 0,00 | 1,51 | 0,00 | 1,09 | 0,04 |
| | Média | 64,7 | 24,7 | 5,8 | 2,3 | 0,13 | 0,03 | 1,27 | 0,00 | 1,02 | 0,04 |
| GLEISSOLO HÁPLICO Alumínico típico - GXa2 | | | | | | | | | | | |
| A | 0 - 20 | 74,0 | 16,6 | 5,1 | 2,1 | 0,17 | 0,04 | 1,11 | 0,00 | 0,84 | 0,08 |
| Bg1 | 20 - 60 | 63,1 | 24,6 | 7,7 | 2,0 | 0,10 | 0,08 | 1,38 | 0,38 | 0,71 | 0,03 |
| Bg2 | 60 - 120 | 60,4 | 26,5 | 7,6 | 2,6 | 0,11 | 0,04 | 1,67 | 0,00 | 1,07 | 0,04 |
| Bgf | 120 - 150 | 61,2 | 25,6 | 9,3 | 1,3 | 0,10 | 0,03 | 1,28 | 0,28 | 0,90 | 0,04 |
| | Média | 64,7 | 23,3 | 7,4 | 2,0 | 0,12 | 0,05 | 1,36 | 0,33 | 0,88 | 0,05 |

Hor. = horizonte; Prof. = profundidade

Tabela 3 - Resultados da análise semiquantitativa dos minerais e índices da mica das amostras analisadas

| Mineral | Bg3 - GXa1 | Bg2 - GXa2 |
|---|----------------------------|------------|
| | ----- Quantidade (%) ----- | |
| Caulinita | 64 | 64 |
| Mica | 13 | 16 |
| Esmectita | 23 | 20 |
| ----- Índice da Mica ----- | | |
| I (001)/(003) (Mg ²⁺) I (001)/(003) (EG) | 2,2 | 2,2 |
| I (001)/(002) (Mg ²⁺) | 0,6 | 0,3 |

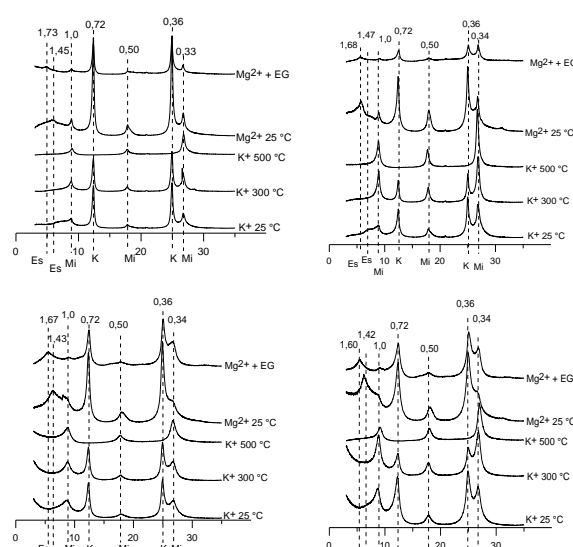


Figura 1 – Difractogramas (°2θ CuKα) da argila total e fina do horizonte Bg3 do GXa1 e Bg2 do GXa2. Es = Esmectita. Mi = Mica. K = Caulinita.