

Solos alcalino-sódicos do Pantanal Norte: registro paleoclimático?⁽¹⁾.

Jairo Calderari de Oliveira Junior⁽²⁾; Laurent Barbiero⁽³⁾; Mariane Chiapini⁽⁴⁾; Sheila Aparecida Furquim⁽⁵⁾; Raphael Moreira Beirigo⁽²⁾; Pablo Vidal-Torrado⁽⁶⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com apoio FAPESP (projeto n°2011/11905-9 e projeto auxílio 2009/54372-0) e RPPN Sesc Pantanal.

⁽²⁾Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz De Queiroz" (ESALQ/USP); Piracicaba, São Paulo, jcalderari@usp.br; ⁽³⁾Pesquisador do IRD - Institut de Recherche Pour Le Développement, França; ⁽⁴⁾Bolsista de iniciação científica FAPESP; Escola Superior de Agricultura "Luiz De Queiroz" (ESALQ/USP); ⁽⁵⁾Professor Adjunto, Universidade Federal de São Paulo-UNIFESP; ⁽⁶⁾ Professor titular do Departamento de Ciência do Solo, ESALQ/USP

RESUMO: Apesar da ocorrência de solos alcalino-sódicos no Pantanal ser bem conhecida, o mesmo não pode ser dito sobre sua gênese, sendo que alguns trabalhos divergem em relação à sua formação ser atual ou relacionada a processos pretéritos, sendo eles geológicos ou pedogênicos. Como a hidrologia da região, com grande volume de chuva concentrado em uma época do ano e prolongadas inundações, é contrastante com o conceito clássico formação ou permanência de solos alcalino-sódicos, este trabalho teve como objetivo determinar se a formação de solos é decorrente de processos atuais ou pretéritos, bem como investigar quais são os fatores responsáveis por sua formação/conservação. Para tanto, foi aberta uma trincheira de 6 m de comprimento na transição de solos alcalino-sódicos para outros não alcalino-sódicos. Coletou-se amostras em malha regular de 0,25m para análises químicas, físicas e obtenção do extrato de saturação. Também foram coletadas amostras para datação por luminescência opticamente estimulada (LOE). Os resultados sugerem que o processo de formação desse solos ocorreu em um clima mais árido durante o Holoceno, provavelmente entre 5300 à 2600 anos AP, em condições hidropedológicas com concentração de águas diluídas em uma via de formação alcalina. Este solo se encontra em vias de degradação, ainda permanecendo na paisagem devido à particularidades morfológicas e das feições geomorfológicas em que se encontram.

Termos de indexação: mudança climática, carbonato de cálcio, geoquímica.

INTRODUÇÃO

A presença de solos alcalino-sódicos no Pantanal aparenta ser contraditória com relação à posição na paisagem que ocupam (áreas mais elevadas), e com a hidrologia da região, que proporciona vários meses de enchentes por ano e que recebe grande volume de chuva (~1100 mm - Por, 1995). Entretanto a evapotranspiração (~1400 mm) ultrapassa o volume precipitação, podendo

influenciar na formação de tais solos. Alguns trabalhos divergem em relação à época (atual ou pretérita) e o processo (pedogenético ou geológico) envolvidos na formação desses solos (Assine & Soares, 2004; Barbiero et al., 2008; Furquim et al, 2010).

McGlue et al. (2012), estudando os registros da dinâmica de inundação em lagoas do alto Paraguai, identificaram uma alternância entre climas áridos e úmidos, com uma fase intermediária entre 5300 e 2600 anos cal AP, resultando em níveis intermediários das lâminas d'água. Provavelmente essa fase de inundação intermediária seria similar à que ocorre atualmente nas lagoas salinas do Pantanal de Nhecolândia, observadas por Furquim et al. (2010) e Barbiero et al. (2008). Entretanto, na Nhecolândia, esses autores observaram que além do regime de inundação, há um controle morfológico responsável pela alcalinização dos solos já que uma camada argilosa impermeável (horizonte Bt) torna a drenagem da área fechada, favorecendo a concentração da solução a partir de águas diluídas e conseqüentemente imprimindo características sódicas a esses solos.

O objetivo do presente trabalho é determinar se os solos alcalino-sódicos do Pantanal Norte decorrem de processos hidropedológicos atuais ou pretéritos, bem como quais processos são os principais responsáveis pela sua ocorrência.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do SESC Pantanal, no município de Barão de Melgaço (MT). Com auxílio de um sensor eletromagnético (EM-38) e medidas de pH e condutividade elétrica (CE) tomadas no campo, foi aberta uma trincheira na transição entre solos alcalinos e não alcalinos, com 6 m de comprimento, compreendendo o terço superior e o médio de um paleodique (Figura 1).

Em uma das paredes desse perfil foi realizada descrição morfológica e estabelecida uma malha de amostragem espaçada em 0,25m onde foi realizada

a coleta de amostras deformadas para análises químicas, físicas (EMBRAPA, 1997) e obtenção do extrato da pasta saturada para simulação da solução do solo.

De posse dos resultados, foi aplicada a análise geoestatística e os dados foram interpolados pelo método da krigagem, gerando assim imagens contínuas da distribuição dos teores de cada atributo. Os dados do extrato da pasta saturada foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) a fim de observar quais os processos são responsáveis pela formação desse solo. Uma vez confirmado um processo de concentração de águas diluídas, é empregado um diagrama de concentração para simular a via de evolução geoquímica (Barbiero et al., 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil apresentou duas áreas com morfologias distintas, que provavelmente marcam dois processos divergentes (Figura 1). No terço superior, o perfil apresentou um horizonte carbonático (2Btk') que corresponde aos maiores valores de pH, Na e CE (Figura 2a e b). Este horizonte possui formato abaciado e é mais argiloso do que o horizonte inferior, indo até a metade da trincheira, com feições de precipitação de calcita (CaCO_3) ocorrendo com maior frequência no limite inferior do mesmo, principalmente em fendas e antigos canais originados por raízes (Figura 3). A forma de ocorrência da calcita foi interpretada como uma evidência de remobilização da mesma indicando um ambiente não estável e de provável degradação para a mesma, tendo na posição da paisagem (a mais elevada) e no formato abaciado do horizonte Bt, os principais fatores para sua conservação. O terço médio do perfil é atingido pelas águas nos períodos de pico das cheias, fato que só ocorre na primeira parte em eventos de cheia excepcionais.

A ACP indicou dois eixos fatoriais que juntos explicam 53.50% da variabilidade dos dados (Figura 4), sendo que o primeiro explica 37.47% e o segundo 17.03%. Na figura 2a podemos observar a grande influência da CE, Na^+ e alcalinidade na variabilidade do eixo fatorial 1, com valores próximos a 1. Além desses atributos, pH e F^- mostraram comportamento similar mas em menor intensidade. Tal comportamento da CE e do Na^+ são típicos do processo de concentração da solução do solo, fato que justifica a utilização do diagrama de concentração para simular a via de evolução geoquímica desse solo, bem como a utilização do Na^+ como elemento conservativo na construção do diagrama.

Baseado nos valores de participação de cada ponto do grid na ACP e a fim localizar as áreas com maior contribuição nos eixos fatoriais, foi realizada a espacialização desses valores com auxílio da análise estatística. Contudo, apenas o primeiro eixo mostrou dependência espacial. A figura 4 ilustra a distribuição do primeiro eixo indicando que o processo, provavelmente de concentração de águas diluídas e sodificação, está concentrado na parte mais alta do paleodique e coincide com os limites do horizonte carbonático. Conseqüentemente o terço médio do paleodique sofre outro processo, supostamente o de diluição e degradação desse solo alcalino-sódico, uma vez que o mesmo está susceptível a ciclos sucessivos de inundação e estiagem.

O diagrama de concentração indicou uma via geoquímica alcalina, onde o Ca^{2+} é controlado na forma de calcita (CaCO_3) com o aumento da concentração da alcalinidade conforme o meio também fica concentrado (Figura 3b). Este processo explica os valores de pH muito elevados (Tabela 1).

A amostra coletada em um dos bolsões de areia do perfil foi datada em ~20.000 anos, ou seja, todo o pacote sedimentar sobre ele foi depositado dessa data até os dias atuais. Essa informação permite inferir que os solos alcalino-sódicos no Pantanal de Barão de Melgaço são decorrentes de um processo pretérito, em que o clima foi mais árido com níveis de inundação mais baixos. Tal condição foi descrita por McGlue et al. (2012) como sendo característica em um período entre 5.300 à 3.600 anos cal AP, o que permitiria a concentração das águas em lagoas. Como observado na região do Pantanal de Nhecolândia (Barbiero et al., 2008; Furquim et al., 2010).

A presença desses solos na condição atual de drenagem só é possível por estarem na parte mais elevada da paisagem, que excepcionalmente é atingido pela cheia, e pela presença de um horizonte textural em formato abaciado que restringe a drenagem do perfil e sua ligação com as águas da inundação. Durante a época seca, a água ali presente é concentrada novamente, fato que explica a remobilização e precipitação da calcita nas fendas e entre agregados.

CONCLUSÕES

A formação de solos alcalino-sódicos no Pantanal de Barão de Melgaço (MT) é um registro de uma condição climática e hidropedológica diferente da atual, provavelmente entre 5.300 à 3.600 anos cal AP, com a sua ocorrência na área

sendo resultado da sua posição na paisagem e da morfologia dos seus horizontes.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo auxílio financeiro na forma de bolsas de Iniciação Científica, doutorado, pós-doutorado e de Auxílio à Pesquisa, e ao SESC Pantanal pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

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

BARBIERO, L.; REZENDE FILHO, A.; FURQUIM, S.A.C.; FURIAN, S.; SAKAMOTO, A.; VALLES, V.; GRAHAM, R.; FORT, M.; DIAS FERREIRA, R.P.; QUEIROZ NETO, J.P. Soil morphological control on saline and freshwater

lake hydrogeochemistry in the Pantanal of Nhecolândia, Brazil. *Geoderma*. 148:91-106, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA (1997). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro. 212p.

FURQUIM, S.A.C.; GRAHAM, R.C.; BARBIERO, L.; QUEIROZ NETO, J.P.; VIDAL-TORRADO, P. Soil mineral genesis and distribution in a saline lake landscape of Pantanal Wetland, Brazil. *Geoderma*. 154:518-528, 2010.

MCGLUE, M.M.; SILVA, A.; ZANI, H.; CORRADINI, F.A.; PAROLIN, M.; ABEL, E.J.; COHEN, A.S.; ASSINE, M.L.; TREES, M.A.; KUERTEN, S.; DOS SANTOS GRADELLA, F.; RASBOLD, G.G. Lacustrine records of Holocene flood pulse dynamics in the Upper Paraguay River watershed (Pantanal wetlands, Brazil). *Quat. Res.* 78:285–294, 2012.

POR, F.D. (1995) *The Pantanal of Mato Grosso (Brazil) - World's Largest Wetlands*. Klumer Academic Publishers, 122p.

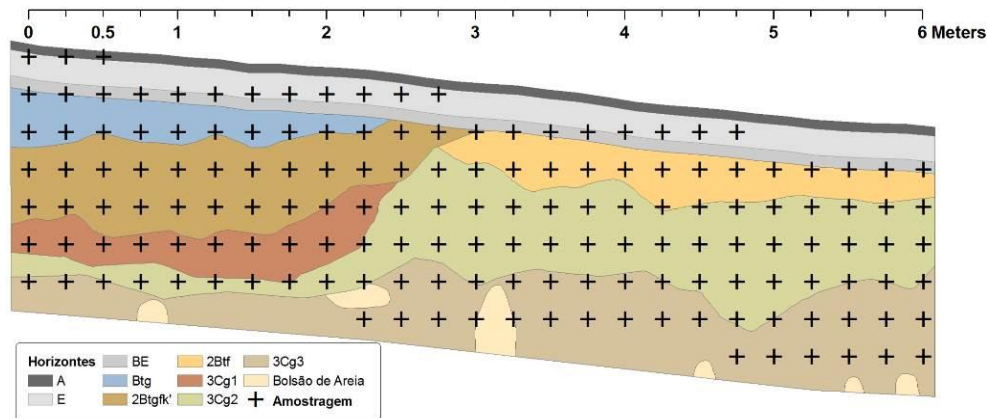
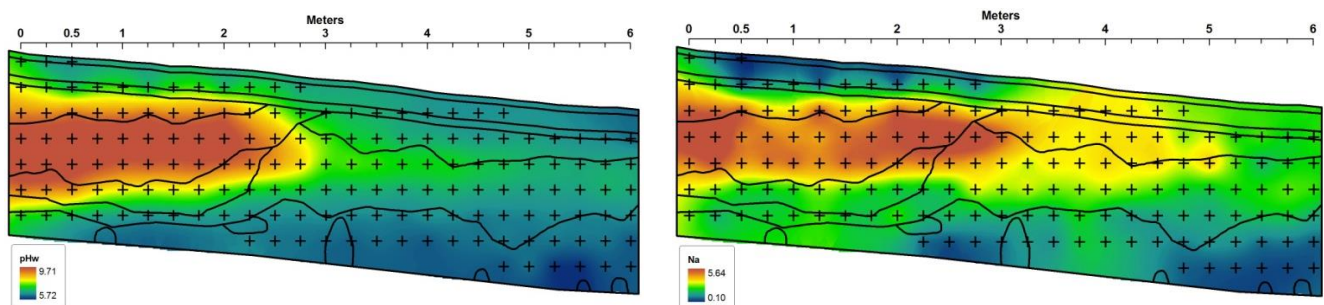


Figura 1. Horizontes descritos na trincheira e pontos de amostragem.



(a) (b)
Figura 2. Distribuição no perfil dos valores de (a) pH e (b) de Na⁺ (cmol_c g⁻¹).



(a) (b)
Figura 3. Precipitação de forma irregular de calcita entre agregados (a) e próximo a canais de raízes (b).

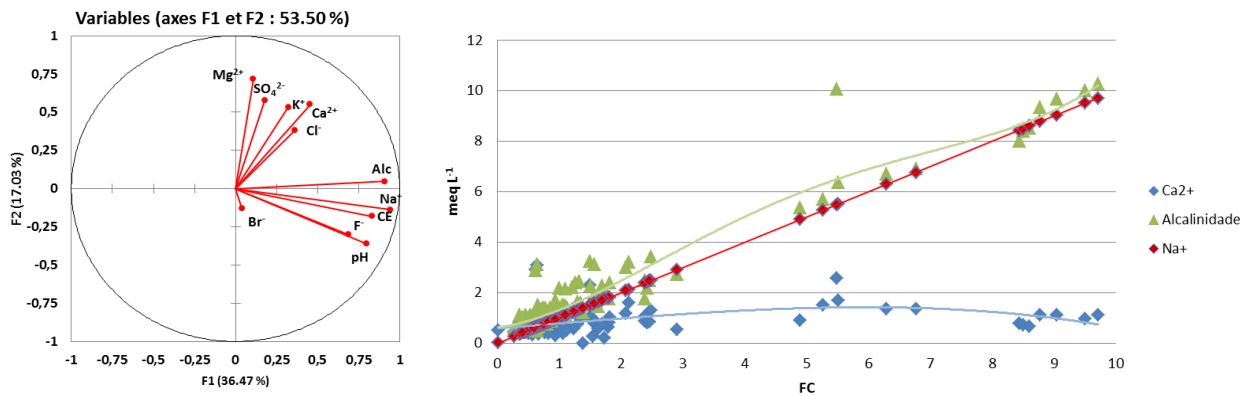


Figura 3. Diagrama de concentração do extrato de saturação

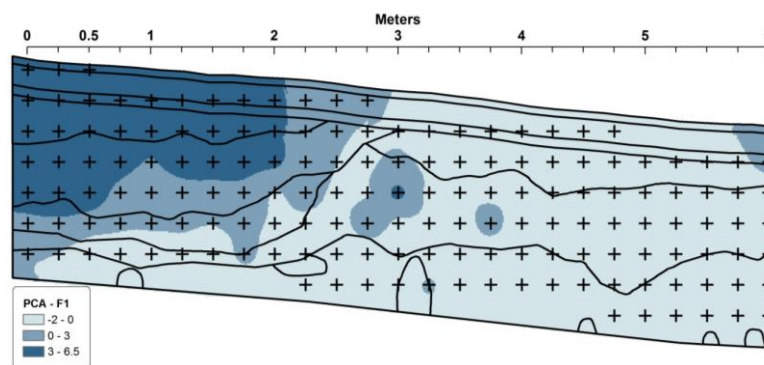


Figura 4. Distribuição do primeiro eixo fatorial na trincheira.

Tabela 1. Atributos químicos do terço superior da trincheira.

Horizonte	pH	H+Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CTC	V	m	PST
	(H ₂ O)			(cmol _c kg ⁻¹)						%	
A	6,50	1,17	0,00	2,32	2,44	0,52	0,36	6,82	82,8	0,0	7,6
E	6,73	1,04	0,00	0,51	1,40	0,31	0,26	3,52	70,5	0,0	8,8
BE	6,38	1,21	0,00	0,63	1,81	1,04	0,31	5,00	75,8	0,0	20,9
Btg	9,12	0,18	0,00	2,84	4,77	4,35	0,72	12,86	98,6	0,0	33,8
2Btgfk'	8,85	0,36	0,00	1,28	3,51	3,39	0,36	8,89	96,0	0,0	38,1
3Cg1	7,88	0,23	0,00	0,35	2,17	1,57	0,17	4,48	94,9	0,0	34,9
3Cg2	6,67	0,83	0,00	0,22	2,60	1,91	0,16	5,72	85,5	0,0	33,4
3Cgf	6,40	1,35	0,00	0,19	2,67	2,00	0,17	6,38	78,8	0,0	31,3