

ESTUDO SOBRE AS DIFERENÇAS DE ALTIMETRIA DO NÍVEL DA ÁGUA DE LAGOAS SALINAS E HIPOSSALINAS NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA: UM INDICATIVO DE FUNCIONAMENTO DO MEGA SISTEMA LACUSTRE

Teodoro Isnard Ribeiro de ALMEIDA ¹, Antonio Conceição PARANHOS FILHO ²,
Marcelo Monteiro da ROCHA ¹, Gustavo Ferreira de SOUZA ²,
Joel Barbujiani SÍGOLO ¹, Reginaldo Antônio BERTOLO ¹

(1) Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
Rua do Lago, 562. CEP 05508-080. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: talmeida@usp.br

(2) Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais, Departamento de Hidráulica e Transportes.
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus Universitário, s/n°. Caixa Postal 549. CEP 79070-900. Campo Grande, MS. Endereço eletrônico: toniparanhos@gmail.com

Introdução
Materiais e Métodos
Krigagem Ordinária
Resultados e Discussão
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – São apresentados dois conjuntos de dados do nível da água de lagoas salinas e hipossalinas no Pantanal da Nhecolândia, um mega sistema lacustre com milhares de lagoas de salinidade, pH e alcalinidade muito variados. O primeiro consta da altitude de 22 lagoas em situação de seca avançada. O segundo tem dados de 23 lagoas em fase de início de seca, com 11 re-amostradas ao fim da seca. Há dois padrões: as lagoas salinas estão em altitudes inferiores às hipossalinas vizinhas; as lagoas hipossalinas tiveram maior variação do nível da água que as de maior salinidade. Ambos os padrões podem ser explicados por hipótese corroborada por dados isotópicos: as águas de elevada alcalinidade dissolvem mais intensamente a areia quartzosa, re-precipitada como sílica amorfa em fases de seca extrema, implicando simultaneamente num rebaixamento das lagoas de pHs elevados e seu relativo isolamento do nível freático. O motor do aumento da alcalinidade é misto. Em parte é biogênico, pela absorção de CO₂ e liberação de OH⁻ por fitoplâncton, sobretudo em *blooms* de cianobactérias. Em parte é geoquímico: os baixos teores de Ca²⁺ impedem a precipitação de CaCO₃, com a permanência em solução de altos teores de HCO₃⁻ e CO₃²⁻ elevando a alcalinidade.

Palavras-chave: Nhecolândia, altimetria, lagoas, baías, salinas.

ABSTRACT – T.I.R. de Almeida, A.C. Paranhos Filho, M.M. da Rocha, G.F. de Souza, J.B. Sígolo, R.A. Bertolo - An altimetry study on the differences of the water level of saline and fresh water lakes in the Pantanal of Nhecolândia: an indication of the functioning mechanism of the mega system of lakes. This paper presents two data sets of altitude of the water level from saline and fresh water lakes of Pantanal of Nhecolândia, a mega-system with thousands of lakes with very different salinities, pH and alkalinities. The first data set has altitudes from 22 lakes in an advanced dry season. The second one has data from 23 lakes of the beginning of the drought with 11 lakes resampled at the end of this season. There are two patterns: the saline lakes are in a lower level related to the hyposalines around them; the hyposalines lakes have had a greater variation on their water level than the saline ones. Both patterns can be explained by a hypothesis corroborated by isotopic data: the alkaline water dissolves the quartzose sand and, during extreme drought precipitates amorphous silica in the intergranular spaces, implicating both on a volume reduction and the isolation of the alkaline lakes from the groundwater. The high alkalinity has a double origin. One part is biogenic, by the absorption of CO₂ and OH⁻ liberation from the phytoplankton, especially on cyanobacteria blooms. The other part is geochemical, due the low values of Ca²⁺ blocking the CaCO₃ precipitation, keeping high values of HCO₃⁻ and CO₃²⁻ on solution.

Keywords: Nhecolândia, altimetry, fresh water lakes, saline lakes.

INTRODUÇÃO

O Pantanal é a maior planície inundável da Terra, com 138.183km² divididos em onze sub-regiões com características muito distintas (Silva & Abdon, 1998). Duas destas regiões – Paiaguás e Nhecolândia –

ocupam quase integralmente o leque aluvial do rio Taquari, com área igual a 54.125 km². Este leque é um sistema deposicional complexo com forma quase circular de 250 km de diâmetro aproximado, com larga

predominância de areias quartzosas (Assine, 2003) depositadas provavelmente desde o Terciário, com uma espessura máxima estimada em 550 m a partir de dados sísmicos. Almeida, em 1945, propôs a possibilidade de origem eólica para as areias da região da Nhecolândia e esta hipótese é aceita por diversos autores.

O ambiente a ser pesquisado é a Baixa Nhecolândia, cujos 12.000 km² ocupam a porção SW do Leque do Taquari, correspondente ao lobo deposicional mais antigo do leque (Assine, 2003; Zani et al., 2006). Distingue-se das demais sub-regiões do Pantanal por sua peculiar fisiografia, com savanas sazonalmente inundadas e limitadas por fragmentos florestais em elevações de 1 a 3 m (conhecidas na região respectivamente como vazantes e cordilheiras) e dezenas de milhares de lagoas com características espaciais, físicas, químicas e biológicas muito variadas.

As altas salinidades de lagoas na região foram inicialmente descritas por Cunha (1943). Tais lagoas são denominadas localmente de baías, quando hiposalinas e de salinas quando com águas salobras a salinas. As salinas são geralmente perenes, com pH superior a 9 e elevada alcalinidade total e parcial, com fundo quase horizontal e mais rasas que as baías. Têm como perfil típico praias sem vegetação seguidas por gramíneas e bromeliáceas (caraguatá - *Aechmea sp*) e a palmeira halófila carandá (*Copernicia alba*), seguindo-se as cordilheiras, porções elevadas dois a três metros e circundantes às salinas.

As baías são em geral temporárias, não apresentam praia, têm pH variável, em geral de pouco ácido a pouco alcalino e fundo côncavo, podendo ter vegetação aquática abundante. Quando cercadas por cordilheiras habitualmente não há carandás, mas outra palmeira de igual porte, a bocaiúva (*Acrocomia aculeata*), que por sua vez é ausente do entorno das salinas.

Um aspecto muito curioso e pouco entendido é a disposição em altitude dos elementos da fisiografia local.

Sakamoto et al. (1996) e Sakamoto (1997) elaboraram diversas toposequências na região das Fazendas Nhumirim e São Miguel do Firme e concluíram haver quatro níveis altimétricos: sendo o mais baixo o da lagoa salina, seguido pelo da lagoa de água doce ou baía 0,50 a 1,0 m acima e esta pela vazante a 1,0 m acima e as cordilheiras, que podem ter altitudes até 4 metros acima das salinas. Assim as águas de maior salinidade estariam topograficamente inferiores às lagoas de águas doces e das drenagens de água superficial.

Os pares pH e condutividade elétrica (Almeida et al., 2003) e pH e salinidade (Galvão et al., 2003 e Costa & Telmer, 2007) são os parâmetros mais usuais obtidos *in situ* dada sua facilidade de obtenção, assim como por seu significado no ambiente. O pH varia de discretamente ácido a muito básico; a salinidade pode apresentar diferenças de até 286 vezes em lagos geograficamente próximos (Galvão et al., 2003) e a condutividade elétrica pode apresentar variações de milhares de vezes. A Tabela 1 apresenta valores extremos destes parâmetros obtidos na literatura.

Sistemas aquáticos com elevados valores de pH são típicos de regiões com balanço hídrico deficitário, ou seja, com precipitação menor que a evaporação (Esteves, 1998), como na Nhecolândia. Isto ocorre em regiões áridas com águas subterrâneas de origem meteórica com CO₂ dissolvido e concentrações molares de HCO₃⁻/CO₃²⁻ excedendo grandemente as de Ca²⁺ e Mg²⁺. Com a evaporação há a rápida precipitação dos alcalino-terrosos como carbonatos insolúveis, deixando a solução rica em Na⁺, Cl⁻, HCO₃⁻ e CO₃²⁻, elevando o pH já que o Na₂CO₃ é muito solúvel e não retira o ânion carbonato que está em solução (Esteves, 1998). Em amostras de águas de salinas foram encontrados teores de Na⁺ até 220 vezes maiores que nas baías e a variação máxima para Ca²⁺ e Mg²⁺ é de 13 vezes (Galvão et al., 2003), acrescentando-se que os teores em Na⁺ são sempre superiores aos de Ca²⁺, mesmo nos lagos de água doce.

TABELA 1. Valores extremos de pH e condutividade elétrica em lagoas da Nhecolândia e obtidos em trabalhos anteriores. A estimativa da salinidade foi calculada a partir da condutividade elétrica, de acordo com Eaton et al. (1999).

Referências	pH	Condutividade elétrica (mS.cm-1)	Salinidade estimada g/l
Almeida et al., 2003	9,87	25,4	19,05
	6,2	0,08	0,06
Galvão et al., 2003	10,44	4,29	3,22
	6,11	0,04	0,03
Costa & Telmer, 2007	9,9	2,21	1,66
	6,6	0,01	0,01
	9,49	7,62	5,72

Ao processo geoquímico sugere-se acrescentar um biogênico, por ação fitoplanctônica. Existe importante correlação entre pH e comunidades fitoplanctônicas, bem como dinâmica mútua: o pH interfere nas comunidades tornando o ambiente ora mais ora menos propício à sobrevivência de determinadas espécies e estas alteram o pH da água, seja diminuindo-o na presença de intensas taxas de decomposição e respiração, liberando CO_2 e íons de hidrogênio e formando ácido carbônico, seja elevando-o pela assimilação de CO_2 retirado das moléculas de H_2CO_3 na fotossíntese e pela abundante produção de O_2 (Medina-Júnior & Rietzler, 2005; Melack & Kilham, 1974) enriquecendo a água em HCO_3^- e CO_3^{2-} . Neste último processo as cianobactérias desenvolvem papel fundamental.

Como a dominância de qualquer espécie em um ambiente depende de seu sucesso na competição com outras espécies (Jones et al., 1998), o intenso aumento da salinidade, pH e alcalinidade levam à dominância de espécies mais resistentes. As cianobactérias tendem a ocupar nichos ecológicos extremos (Costa & Telmer, 2007), sendo capazes de sobreviver em ambientes agressivos às demais espécies. Isto explica terem, provavelmente, sido os primeiros organismos a surgir na Terra, com registro em rochas de 3,5 a 3,8 bilhões de anos (Tilman, 1977).

A elevada frequência das cianobactérias é justificada pela ausência de competição, resistência a elevadas salinidades e temperaturas além de suportar baixos teores de oxigênio (Westall, 2005), por não sofrer predação pelo zooplâncton e pela presença de pigmentos acessórios, como as ficobilinas, que as tornam mais eficientes na absorção de radiação solar no comprimento de onda do verde. Em acréscimo podem controlar a flutuabilidade, deslocando-se ao longo da coluna de água para otimizar sua atividade fotossintética.

A literatura associa *blooms* de cianobactérias ao aumento da salinidade associada às estações secas na região do Pantanal (Silva et al., 2008; De Lamônica-Freire & Heckman, 1996; Oliveira & Calheiros, 2000; Santos et al., 2004), confirmando a regra geral de que quanto mais extremo for o ambiente menor será sua biodiversidade e maior a densidade dos organismos sobreviventes, justificando a dominância destes organismos nas salinas da Nhecolândia. A literatura mostra predominância de clorofíceas e criptofíceas nas baías e, nas salinas, presença entre 90% e 100% de

espécies de cianobactérias (Mourão, 1989; De Lamônica-Freire & Heckman, 1996; Oliveira & Calheiros, 2000).

Assim o processo de alcalinização das lagoas da Nhecolândia parece se iniciar por hidrogeoquímica mas com o aumento da salinidade (pela evaporação) e sobretudo do pH e alcalinidade (pela precipitação de carbonatos de Ca^+ e Mg^+ , mais insolúveis, e manutenção em solução dos ânions HCO_3^- e CO_3^{2-}), as condições ambientais tornam-se crescentemente tanto agressivas às macrófitas como propícias ao fitoplâncton, cujo metabolismo eleva a alcalinidade e pH. O acirramento das condições extremas favorece os organismos mais resistentes, levando as cianobactérias a dominar o ambiente e elevar o pH a valores acima de 10, como nos lagos salino-alcálicos do Quênia (Oduor & Schagerl, 2007).

A origem deste extraordinário conjunto de lagoas é associada ao fim da glaciação do Pleistoceno, quando o clima local torna-se mais quente e úmido, resultando na elevação regional do freático e à formação das lagoas nas depressões de deflação do campo de dunas então existente (Tricart, 1982; Clapperton, 1993). Inicialmente todas as lagoas seriam de água doce, porém as isoladas, alimentadas apenas pelo freático e submetidas à evaporação, tornar-se-iam progressivamente salobras e salinas. Assim todo o sistema seria reliquiar e estaria submetido aos processos sedimentares e erosivos atuais. Por outro lado a existência de frequentes conjuntos de lagoas em rosário sugere uma origem diversa ou ao menos uma modificação intensa da morfologia original (Soares et al., 2003). Independentemente da origem primeira destas lagoas, muitas questões do ambiente atual são parcamente discutidas, de onde se destacam duas: qual a razão para a enorme variabilidade química e de pH das águas de lagoas dispostas sobre um substrato idêntico, de sedimentos arenosos de alta porosidade? Como se explica a posição topograficamente inferior de lagoas salinas em relação a lagoas hipossalinas vizinhas?

Este trabalho apresenta resultados de três campanhas à porção sul da Baixa Nhecolândia, com medidas de altitude do nível da água de 33 lagoas em diferentes situações de seca utilizando equipamentos de precisão. As medidas são discutidas em conjunto com dados químicos, limnológicos e isotópicos, auxiliando a proposição de hipótese que justifique o quadro encontrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro trabalho de campo foi feito na região da Fazenda Rio Negro (19° 34' 25" S e 56° 15' 37" W) em agosto de 2007 e os dois seguintes, em julho e

outubro de 2008, na região da fazenda Barranco Alto (19° 33' 35" S e 56° 09' 22" W), ambas próximas ao limite sul da Nhecolândia, determinado pelo rio Negro

(Figura 1). No total foram visitadas 33 lagoas, sendo 22 na primeira campanha e as demais visitadas por duas vezes, em julho e em outubro de 2008. A seleção das lagoas visitadas baseou-se na fisiografia e no comportamento espectral de suas águas em composições coloridas de imagens TM-Landsat (Rio Negro) e ALOS (Barranco Alto). Evidentemente considerou-se, também, a sua posição geográfica em função das estratégias de deslocamento no campo, sempre em *pick-up* 4 x 4. As medidas de altitude das lagoas foram sempre feitas junto ao nível da água.

No primeiro campo foi utilizado um par de receptores GPS Topcon HIPER L1/L2, capacidade de rastreamento do sistema GPS/Navstar e GLONASS, precisão horizontal de 3 mm+0,5 ppm e precisão vertical de 5 mm+1,4 ppm. Para o pós-processamento dos dados GPS foi utilizado o *software* Topcon Tools (Topcon, 2004). Já para converter a altitude geométrica das baías e salinas em altitude ortométrica foi utilizado o *software* Mapgeo (IBGE, 2004).

Primeiramente foi criada uma base de transporte GPS para a Fazenda Formoso. Através dessa base georreferenciada, foram feitos os ajustes necessários à correção diferencial das coordenadas x, y, z das baías e salinas rastreadas. Para o transporte de coordenadas, utilizou-se a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), mantida pelo IBGE.

Nos dois campos realizados em 2008 o procedimento foi análogo ao de 2007, porém foi utilizado um

par de GPS Trimble 5700 L1/L2, com precisão planimétrica de 5 mm + 0,5 ppm e altimétrica de 0,5 mm + 1 ppm. Para o pós-processamento dos dados de campo foi utilizado o TGO da Trimble (Trimble, 2003).

Os dados do campo de 2007 foram tratados estatisticamente visando testar, para um número amplo de lagoas, a hipótese de que as salinas encontram-se sistematicamente rebaixadas em relação às baías vizinhas, como proposto por Sakamoto et al. (1996) e Sakamoto (1997), que em toposequências na região noroeste da Nhecolândia encontraram as salinas 0,50 a 1,0 m abaixo das baías e, fechando a seqüência, as cordilheiras 3,0 m acima das salinas. A confirmação desta hipótese para o extremo sul da Baixa Nhecolândia e em um número amplo de salinas e baías, mais que confirmar aqueles dados dão-lhes um significado regional. Para tal seria necessário obter uma superfície de tendência, onde pudesse ser observada o rumo e o ângulo da declividade média da área estudada e as flutuações locais, associadas às salinas e baías, verificando a hipótese acima.

Segundo Davis (1986), a análise de superfícies de tendência é realizada com o objetivo de separar dados, distribuídos em mapas, em dois componentes distintos, um de natureza regional e outro composto por flutuações locais. Segundo Harbaugh & Merriam (1968), a análise de superfícies de tendência invariavelmente envolve o ajuste de superfícies satisfazendo o critério dos mínimos quadrados.

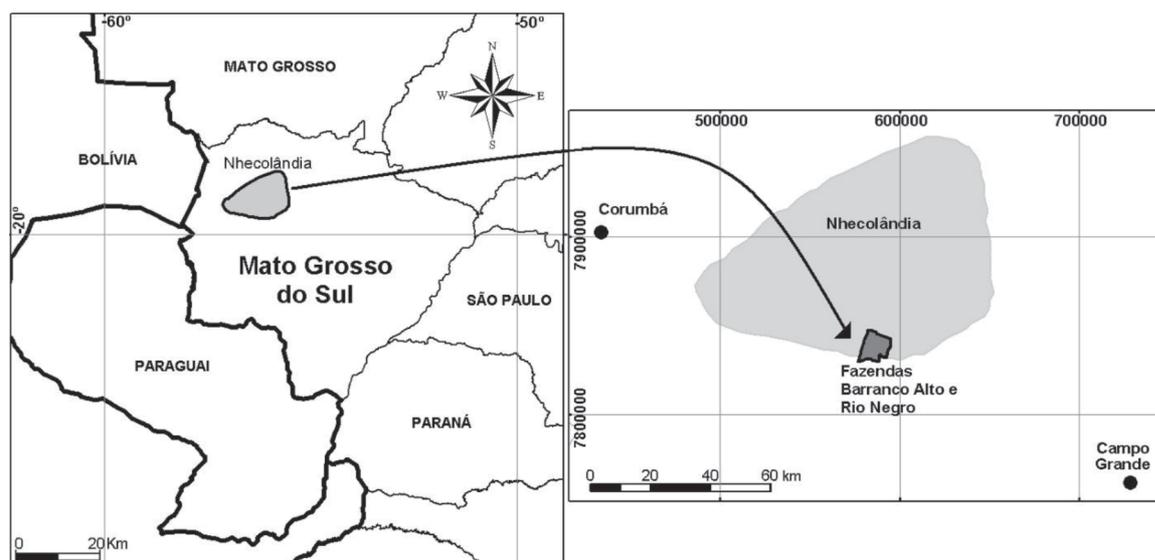


FIGURA 1. Localização da Região das Fazendas Rio Negro e Barranco Alto, no sul do Pantanal da Nhecolândia.

Segundo Landim (1997), o componente regional é a própria superfície ajustada e o outro componente, representado pelas flutuações locais, é dado pelos valores residuais. Davis (1986), define tendência como uma função linear das coordenadas de um conjunto de observações. Ainda segundo este autor, desmembrando-se esta definição pode-se dizer que:

- uma observação é considerada como sendo, em parte, função de sua localização;
- a tendência sendo função linear nos coeficientes, assume a forma

$$F = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^{m-i} c_{ij} X^i Y^j$$

segundo a notação utilizada em Yamamoto (1998), onde c_{ij} são os coeficientes do polinômio; X e Y são as coordenadas leste e norte, respectivamente; F é o valor da observação no ponto de coordenadas (X, Y); e

- a soma dos quadrados dos desvios remeteria à variância amostral se estes desvios fossem da observação com relação à média, assumindo a tendência como uma função média, pode-se considerá-la como uma função possuidora da menor variância possível (Davis, 1986).

KRIGAGEM ORDINÁRIA

Segundo Carvalho et al. (1998), a krigagem é um método de estimativa que leva em consideração uma série de fatores, tais como:

- número de amostras e a qualidade dos dados em cada ponto;
- posição espacial das amostras no depósito;

- distância entre as amostras e os pontos ou blocos a serem estimados;
- continuidade espacial das variáveis.

O estimador da krigagem ordinária é calculado como:

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i)$$

onde: $z^*(x_0)$ é o valor estimado no ponto x_0 ; λ_i é o ponderador do i-ésimo ponto amostrado; $z(x_i)$ é a i-ésima amostra utilizada na estimativa de $z^*(x_0)$.

A condição de restrição imposta aos pesos da krigagem ordinária é:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Com vistas a testar a hipótese dos diferentes padrões de altitude relativa do nível da água dos dois tipos de lagoas, considerou-se ordená-las segundo o rumo do mergulho da superfície de tendência, ou seja, o rumo da direção de variação da altitude. Partiu-se do princípio de que, mesmo com alguma irregularidade, as variações transversais ao rumo do mergulho seriam menos significativas. Na existência de duas ou mais lagoas de um mesmo tipo em uma vizinhança e sem intercalação de lagoas do outro tipo, seria obtida a altitude média. Este método, ainda que simples, poderia evidenciar tendências de padrões diferenciados para a altitude de baías e salinas, apesar dos dados pouco numerosos e mal distribuídos geograficamente.

Considerando a proximidade da região onde se realizaram as campanhas de 2008 adotou-se o mesmo princípio para as 23 lagoas com medidas de DGPS na Fazenda Barranco Alto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fazenda Rio Negro foi obtida a altitude (DGPS) em doze baías, dez salinas, 11 cordilheiras e uma vazante (Tabela 2). Duas abordagens foram utilizadas para analisar os dados de altitude dentro dos objetivos da pesquisa. Uma utilizou modelagens matemáticas como já descrito, a que apresentou melhor resultado mostrou uma superfície de tendência com declive para SSW (Figura 2). Com esta informação pode-se agrupar as lagoas por critério de proximidade no eixo Norte-Sul e de acordo com seu tipo.

Os pontos amostrais são pouco numerosos, com má distribuição geográfica e distribuídos não aleatoriamente em relação às diferentes feições existentes na área de estudo. Isto implica necessariamente que a superfície de tendência apresentará maiores desvios em relação à superfície real do que em situações mais

ideais de amostragem. A distribuição de natureza regional é a própria superfície polinomial ajustada (Figura 2), onde o conjunto de dados permite visualizar o rumo SSW, quase Norte-Sul, da declividade geral de menos de 1% e coerente com o posicionamento da vazante que corre para o rio Negro e com o eixo maior das lagoas.

As flutuações locais podem ser interpretadas a partir dos valores residuais do plano de tendência regional. Estes resíduos mostram ondulações que refletem parcialmente o encontrado na natureza, refletindo tanto o pequeno número de dados como a distribuição geográfica irregular e de tipo de feição amostrada, já que lagoas salinas e hipossalinas têm padrões de altitude discretamente diferentes. A krigagem ordinária é um método de estimativa que considera

TABELA 2. Coordenadas dos pontos de medida da altitude sobre o nível do mar e respectivas altitudes ortométricas obtidas por DGPS. As altitudes de lagoas hipossalinas (baías) e salinas (salinas) referem-se ao nível da água.

Pontos em campo e toponímia local	X - DGPS	Y - DGPS	Altitude Ortométrica sobre o nível do mar (Z-DGPS)
Baía RN 1	582789,796	7843121,964	105,6218
Baía RN 2	582269,153	7839332,015	104,8777
Baía RN 3	583472,243	7841087,870	105,7508
Baía RN 4	583289,215	7839491,151	105,6919
Baía RN 5	579062,582	7835268,071	102,0989
Baía RN 6	581214,443	7842844,148	106,1562
Baía RN 7	583461,594	7841596,589	106,7515
Baía RN 8	583441,911	7842156,637	106,2500
Baía RN 9	580209,767	7836252,177	103,8589
Baía RN 10	579334,362	7838122,933	104,6124
Baía RN 11	579248,953	7837916,876	104,7736
Baía RN 12	583112,527	7842315,937	106,6817
Cordilheira	579855,765	7837536,027	105,6627
Cordilheira	579372,649	7838092,834	106,6649
Cordilheira	582333,723	7839676,258	107,9109
Cordilheira	583447,062	7841275,982	108,6543
Cordilheira	580934,000	7841483,294	107,5207
Cordilheira	583331,969	7841747,893	108,4346
Cordilheira	583561,528	7842005,976	108,9504
Cordilheira	583312,707	7842244,039	109,0519
Cordilheira	581239,513	7842875,818	107,5794
Cordilheira	582863,902	7842954,985	109,6505
Cordilheira	582737,696	7843281,074	108,7593
Salina RN 1	583391,425	7841038,842	105,3444
Salina RN 2	582669,036	7840221,649	105,2983
Salina RN 3	583023,489	7838831,057	103,8077
Salina RN 4	581525,361	7838492,616	103,8357
Salina RN 5	583269,962	7841736,170	105,8381
Salina RN 6	581036,296	7841570,570	105,2154
Salina RN 7	580410,691	7837992,650	103,4150
Salina RN 8	585941,056	7840846,099	105,9471
Salina RN 9	581426,091	7837592,851	103,5663
Salina RN 10	586815,492	7840963,002	105,9167
Vazante	582708,364	7840229,502	105,8251

o número de amostras, a posição que as mesmas tem no espaço e suas interrelações traduzidas pela continuidade espacial além da variância espacial entres estas informações. Tomando esta consideração e como os dados apresentam agrupamentos, sobretudo levando em conta a concentração de um ou de outro tipo de lagoas, o mapa resultante da krigagem apresenta falsos altos e baixos como pode ser observado na Figura 3, onde este resultado está sotoposto ao mapa com os pontos amostrais referentes a lagoas salinas, hipossalinas, vazantes e cordilheiras.

Na Figura 3 as flutuações locais podem ser interpretadas a partir dos valores residuais do plano de tendência regional. Estes resíduos mostram ondulações que refletem parcialmente o encontrado na natureza, refletindo tanto o pequeno número de dados como a distribuição geográfica irregular e de tipo de feição amostrada, já que lagoas salinas e hipossalinas têm padrões de altitude discretamente diferentes. A krigagem ordinária é um método de estimativa que considera o número de amostras, a posição que as mesmas tem no espaço e suas interrelações traduzidas pela continui-

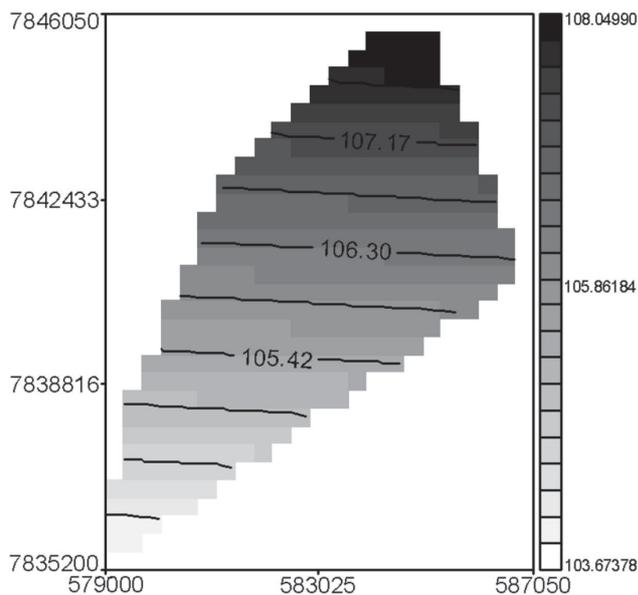


FIGURA 2. Modelagem em polinômio de primeiro grau do conjunto de dados da Tabela 1.

dade espacial além da variância espacial entres estas informações. Tomando esta consideração e como os dados apresentam agrupamentos, sobretudo levando em conta a concentração de um ou de outro tipo de lagoas, o mapa resultante da krigagem apresenta falsos altos e baixos como pode ser observado na Figura 3, onde este resultado está sotoposto ao mapa com os pontos amostrais referentes a lagoas salinas, hipossalinas, vazantes e cordilheiras. Por um lado evidencia-se que a concentração de grupos de pontos próximos referentes a lagoas salinas geram artificialmente áreas baixas e grupos de cordilheiras (as feições notadamente mais elevadas) e baías geram áreas artificialmente elevadas, a observação de pontos associados aos dois tipos de lagoas tanto transversal como longitudinalmente à direção do mergulho das cotas (NNE para SSW) sugere a tendência de estarem as baías em menores altitudes. Mas o método mostra-se inadequado para testar a hipótese de Sakamoto et al. (1996).

Considerando ser o rumo do mergulho da superfície de tendência quase Norte-Sul, ordenaram-se as lagoas simplesmente por sua latitude (Tabela 3), supondo naturalmente que as variações transversais (Oeste-Leste) seriam menos significativas. Na existência de duas ou mais lagoas de um mesmo tipo em uma vizinhança e sem intercalação de lagoas do outro tipo obteve-se a altitude média (Tabela 4).

Na Tabela 3 a existência de padrão de menores altitudes do nível da água de lagoas salinas em relação às hipossalinas próximas nem sempre é visível. Com a ordenação e agrupamento de lagoas da Tabela 4 fica evidente este padrão, como é bem demonstrado na

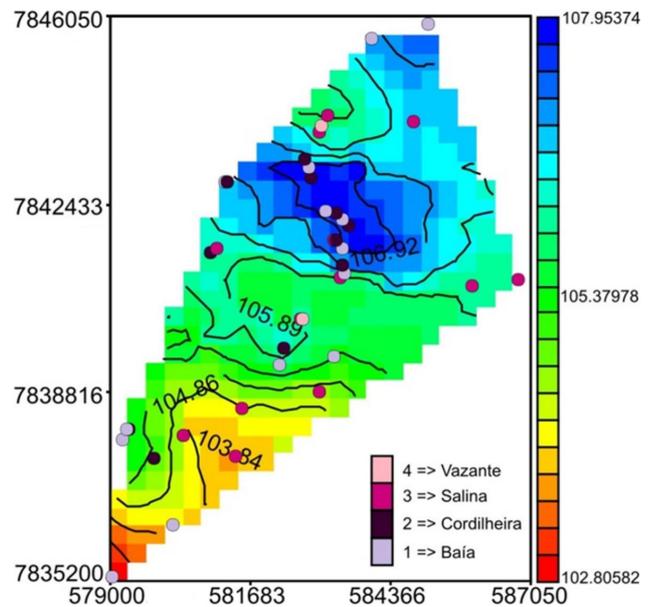


FIGURA 3. Resultado de krigagem dos dados da Tabela 1, com a localização de lagoas salinas e hipossalinas (baías) e cordilheiras (elevações circundantes às lagoas). Observar a impossibilidade de distinguir as altitudes das lagoas salinas e hipossalinas.

Figura 4, onde os pontos pares são associados às salinas e os ímpares às baías.

A Figura 4 não deixa dúvidas quanto à hipótese de um padrão de comportamento entre lagoas salinas e baías. É particularmente notável a seqüência dos pontos 2 a 6, com latitudes próximas e portanto dentro de uma pequena variação na superfície de tendência.

Na campanha de julho de 2008 foram tomadas medidas de 23 lagoas na região da fazenda Barranco Alto, propriedade vizinha, a montante, da fazenda Rio Negro. Considerando hipossalinas as com $CE < 1000$ ($\mu S/cm$), foram 13 hipossalinas ou baías e 10 salinas (Tabela 5).

Como feito para os dados da campanha de 2007, adotou-se encontrar as médias de altitude quando houvesse duas ou mais lagoas do mesmo tipo seguidas. Embora a tendência de menores altitudes para as salinas fosse visível, a adoção deste expediente realçou a tendência ao retirar variações inevitáveis em sistemas naturais (Tabela 6, Figura 5).

Um último conjunto de dados é a variação da altitude do nível da água de 14 lagoas entre julho e outubro de 2008, ano chuvoso. Em julho a estação seca estava em seu início. Em outubro a estação seca estava terminando com importante evaporação agindo por quatro meses sem chuvas significativas. Considerando a hipótese do maior isolamento das lagoas salinas em comparação às hipossalinas e a ampla porosidade dos sedimentos da Formação Pantanal sobre a qual estão os lagos, a queda no nível das águas estaria mais

TABELA 3. Lagoas salinas e hipossalinas orientadas segundo a sua latitude (Norte-Sul).

Tipo de lagoa e toponímia local	X - DGPS	Y - DGPS	Z-DGPS Ortométrico
Baía RN 5	579062,58	7835268,07	102,10
Baía RN 9	580209,77	7836252,18	103,86
Salina RN 9	581426,09	7837592,85	103,57
Baía RN 11	579248,95	7837916,88	104,77
Salina RN 7	580410,69	7837992,65	103,42
Baía RN 10	579334,36	7838122,93	104,61
Salina RN 4	581525,36	7838492,62	103,84
Salina RN 3	583023,49	7838831,06	103,81
Baía RN 2	582269,15	7839332,02	104,88
Baía RN 4	583289,22	7839491,15	105,69
Salina RN 2	582669,04	7840221,65	105,30
Salina RN 8	585941,06	7840846,10	105,95
Salina RN 10	586815,49	7840963,00	105,92
Salina RN 1	583391,43	7841038,84	105,34
Baía RN 3	583472,24	7841087,87	105,75
Salina RN 6	581036,30	7841570,57	105,22
Baía RN 7	583461,59	7841596,59	106,75
Salina RN 5	583269,96	7841736,17	105,84
Baía RN 8	583441,91	7842156,64	106,25
Baía RN 12	583112,53	7842315,94	106,68
Baía RN 6	581214,44	7842844,15	106,16
Baía RN 1	582789,80	7843121,96	105,62



FIGURA 4. Altitude do nível da água de lagoas salinas e baías hipossalinas. Os pontos com números pares referem-se a lagoas salinas ou altitudes médias de lagoas salinas próximas. Os ímpares a lagoas hipossalinas ou altitudes médias de lagoas hipossalinas próximas (ver Tabela 3). Dados de 22 lagoas da fazenda Rio Negro.

TABELA 4. Baías e salinas da fazenda Rio Negro ordenadas no rumo Norte – Sul e agrupadas quando duas ou mais lagoas do mesmo tipo ocorressem sem intercalação de lagoas do outro tipo. Para o caso de duas ou mais lagoas é apresentada a latitude e altitude médias.

Pontos da Figura 4	Tipo	Y – DGPS	Altitude
		(latitude em UTM)	Ortométrica
1	Média das Baías RN 5 e 9	7835760,00	102,98
2	Salina RN 9	7837592,85	103,57
3	Baía RN 11	7837916,88	104,77
4	Salina RN 7	7837992,65	103,42
5	Baía RN 10	7838122,93	104,61
6	Média das Salinas RN 3 e 4	7838661,84	103,82
7	Média das Baías RN 2 e 4	7839412,00	105,28
8	Média das Salinas RN 2, 8 e 10	7840767,00	105,63
9	Baía RN 3	7841087,87	105,75
10	Salina RN 6	7841570,57	105,22
11	Baía RN 7	7841596,59	106,75
12	Salina 15	7841736,17	105,84
13	Média das Baías 1, 6, 8 e 12	7842610,00	106,18

TABELA 5. Conjunto de lagoas com medidas da altitude do nível da água em julho de 2008, na fazenda Barranco Alto. Para situar, dados de condutividade elétrica (CE) em $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH.

Lagoas	Latitude UTM (m)	Altitude Ortométrica (m)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH
BA-1	7833442,685	116,8	25	6,02
BA-2	7835742,161	119,396	113	7,09
BA-3	7835790,222	119,413	172	7,72
BA-4	7836107,64	120,38	77	4,88
BA-5	7836171,677	119,406	3185	9,3
BA-7	7836787,265	116,137	2932	9,31
BA-8	7837722,474	120,356	27	5,89
BA-9	7837800,284	119,24	4140	9,44
BA-12	7838942,201	119,537	1045	8,71
BA-13	7839025,28	119,91	785	8,67
BA-16	7842081,661	119,877	3618	9,46
BA-24	7843433,786	120,915	1626	9,46
BA-25	7845201,897	121,064	710	9,28
BA-26	7844845,446	120,342	2671	9,5
BA-27	7843233,086	121,706	10	6,5
BA-30	7835261,812	120,022	81	7,69
BA-31	7835145,957	119,366	95	6,5
BA-32	7835704,863	118,82	154	7,74
BA-33	7843266,987	121,318	438	9,52
BA-34	7843679,115	121,325	1001	9
BA-35	7838558,711	120,727	780	9,09
BA-36	7838133,949	120,277	940	8,89
BA-37	7838255,682	120,081	1750	9,28

TABELA 6. Baías e salinas da fazenda Barranco Alto ordenadas no rumo Norte – Sul e agrupadas quando duas ou mais lagoas do mesmo tipo ocorressem sem intercalação de lagoas do outro tipo. Para o caso de duas ou mais lagoas é apresentada a latitude, altitude, CE e pH médios.

Pontos		Latitude	Altitude Ortométrica	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH
1	média das baías BA2, 3, 4, 30, 31 e 32	7835625,44	119,57	115,33	6,94
2	média das salinas BA5 e 7	7836479,47	117,77	3058,50	9,31
3	BA-8	7837722,47	120,36	27,00	5,89
4	BA-9	7837800,28	119,24	4140,00	9,44
5	BA-36	7838133,95	120,28	940,00	8,89
6	BA-37	7838255,68	120,08	1750,00	9,28
7	BA-35	7838558,71	120,73	780,00	9,09
8	BA-12	7838942,20	119,54	1045,00	8,71
9	BA-13	7839025,28	119,91	785,00	8,67
10	BA-16	7842081,66	119,88	3618,00	9,46
11	média das baías BA27 e 33	7843250,04	121,51	224,00	8,01
12	média das salinas BA24, 26 e 34	7843986,12	120,86	1766,00	9,32
13	BA-25	7845201,90	121,06	710,00	9,28

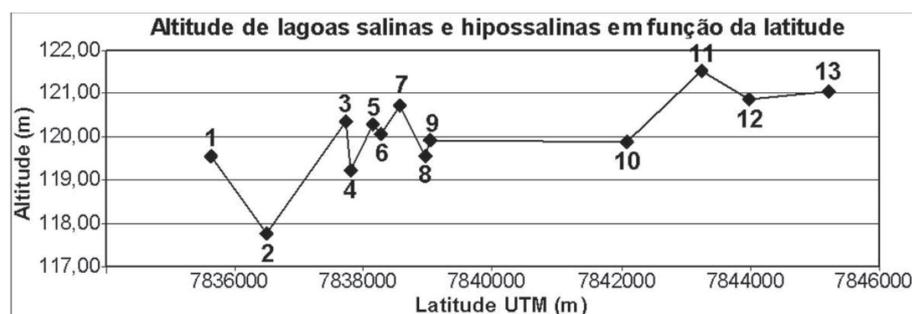


FIGURA 5. Altitude do nível da água de lagoas salinas e baías hipossalinas. Os pontos com números pares referem-se a lagoas salinas ou altitudes médias de lagoas salinas próximas. Os ímpares a lagoas hipossalinas ou altitudes médias de lagoas hipossalinas próximas (ver Tabela 6). Dados de 23 lagoas da fazenda Barranco Alto obtidos em julho de 2008.

associada à evaporação nas salinas e o freático estaria rebaixado tanto em função da evaporação quanto das perdas por alimentação devido a longa seca. A Tabela 7 mostra as variações encontradas.

Os dados da variação da cota da água entre o início e o fim da seca do ano de 2008 não são conclusivos. As maiores diferenças, como o esperado, foram de baías. Entretanto as menores diferenças também. Considerou-se a possibilidade da posição topográfica afetar a fluxo da água entre a lagoa e o freático. Neste caso as baías deveriam ter essa correlação enquanto as salinas teriam variações de cotas independentes da posição topográfica. A Figura 6 mostra que, de fato, as variações na cota do nível da água das baías há uma clara tendência de maiores variações associadas às lagoas em maiores altitudes, enquanto a Figura 7 mostra independência, para as salinas, entre a variação das cotas e a altitude das lagoas.

Este conjunto de constatações, todas indicando tanto um rebaixamento das salinas em relação às baías vizinhas como um necessário isolamento das salinas para que isso ocorra, é da maior importância para a compreensão do funcionamento da Baixa Nhecolândia. As notáveis diferenças hidroquímicas e isotópicas entre as águas das salinas e baías indicam, em sintonia com os dados de altimetria, um eficiente isolamento das águas do freático nas salinas, como se observa na Tabela 8, com dados médios de pH, condutividade elétrica (CE) e $\delta^{18}\text{O}$ (VSMOW) e $\delta^2\text{H}$ (VSMOW) de salinas, baías, do rio Negro e águas de poço (Almeida, 2009). Estes dados foram obtidos na campanha de agosto de 2007, na fazenda Rio Negro, pela mesma equipe deste trabalho. Observe-se que os processos evaporativos concentram os isótopos estáveis ^{18}O e ^2H da água como o fazem com a salinidade e de forma evidentemente mais eficiente quando o corpo de água

está isolado da recarga do freático, que é de água doce e tem razões isotópicas próximas à média das razões isotópicas das chuvas que o alimentaram, portanto mais negativas. Como referência, duas amostras de água do freático (de poço) coletadas em agosto de 2007 forneceram razões $\delta^{18}\text{O}$ de -1,9 e $\delta^2\text{H}$ de -19,6.

A confirmação da posição topograficamente inferior das salinas e os dados que evidenciam seu maior isolamento do freático em relação às baías podem ser explicados pelos elevados pHs associados às salinas. A solubilidade do quartzo em baixas temperaturas é função do pH, aumentando dramaticamente em pHs > 9. Os sedimentos da Bacia do Pantanal tem larga predominância de areias de quartzo, com parte considerável dos grãos na granulometria de silte grosso (escala de Wentworth), o que facilita a dissolução do quartzo. Nestes sedimentos com elevada porosidade, o SiO_2 posto em solução como $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$ ou H_4SiO_2 é precipitado entre os grãos de areia do fundo das salinas nas grandes secas como sílica amorfa, cimentando os grãos. Com isso forma-se uma camada de baixa porosidade e há abatimento da superfície pela diminuição do volume originalmente ocupado pela areia, em processo que explica tanto o isolamento parcial das

salinas como sua posição topográfica inferior às baías.

Para testar a hipótese de dissolução/precipitação de SiO_2 examinou-se em microscópio eletrônico de varredura uma amostra de sedimento de fundo de salina seca. Predominam grãos de SiO_2 com 60 a 150 μm de diâmetro e elevado grau de esfericidade (indicando origem eólica) e freqüentes figuras de corrosão nos grãos de SiO_2 , inclusive com fusão de grãos, e ocupação dos espaços inter-grãos por cimento composto por 83% de SiO_2 (Fotomicrografia 1 - Tabela 9).

A interpretação dos dados aqui apresentados pode ser feita à luz da literatura sobre a região e sobre lagos salino-alcálinos no interior de continentes. Os processos biogeoquímicos que elevam o pH a valores acima de dez, descritos na literatura internacional sobre os lagos salino-alcálinos africanos, ocorrem igualmente na Nhecolândia, onde os teores em Ca^{2+} são baixos e são encontrados pHs elevados. Da mesma forma a atividade de microrganismos, sobretudo cianobactérias, é bem descrita e é associada aos lagos de elevada salinidade. O fato de que invariavelmente os lagos muito salinos sejam muito alcálinos torna inevitável associar a alcalinidade com processos de isolamento dos lagos, condição necessária para a salinização. Como a

TABELA 7. Localização e dados de altitude das lagoas em que foi medida a altitude da água em julho e outubro de 2008, na Fazenda Barranco Alto.

Lagoas	Y – DGPS 07/08	Z – DGPS Ortométrica 07/08	Z – DGPS Ortométrica 10/08	Diferença em Z entre DGPS do mês 07/08 - 10/08
BA-27	7843233,086m	121,706	120,989	-0,717
BA-2	7835742,161m	119,396	119,095	-0,301
BA-31	7835145,957m	119,366	119,076	-0,290
BA-9	7837800,284m	119,24	118,967	-0,273
BA-26	7844845,446m	120,342	120,075	-0,267
BA-37	7838255,682m	120,081	119,817	-0,264
BA-35	7838558,711m	120,727	120,488	-0,239
BA-25	7845201,897m	121,064	120,827	-0,237
BA-24	7843433,786m	120,915	120,680	-0,235
BA-16	7842081,661m	119,877	119,645	-0,232
BA-36	7838133,949m	120,277	120,060	-0,217
BA-5	7836171,677m	119,406	119,200	-0,206
BA-3	7835790,222m	119,413	119,209	-0,204
BA-30	7835261,812m	120,022	119,833	-0,189

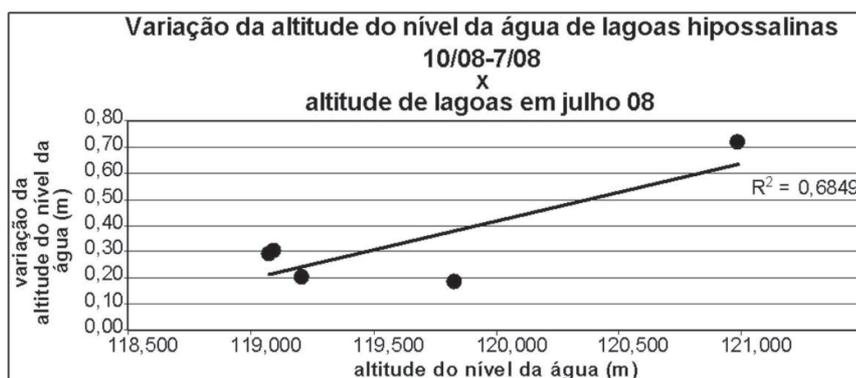


FIGURA 6. Variação das cotas do nível da água de baías da fazenda Barranco Alto entre julho e outubro de 2008 em relação à altitude do nível da água em julho 2008.

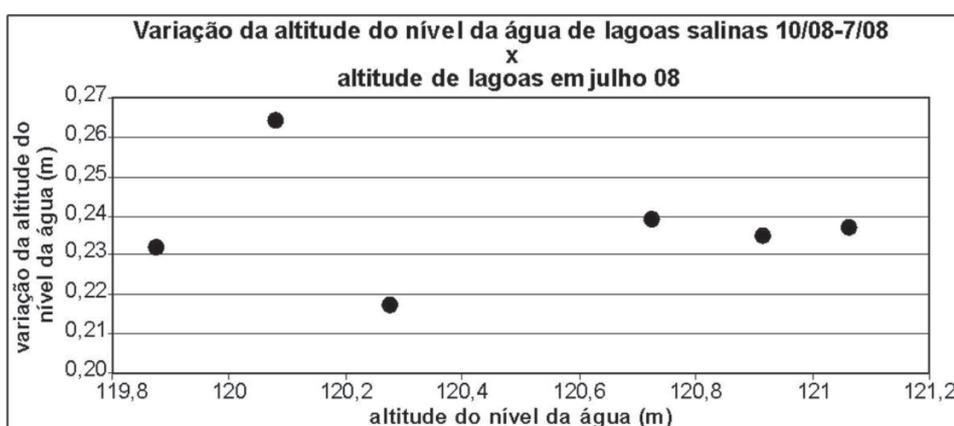
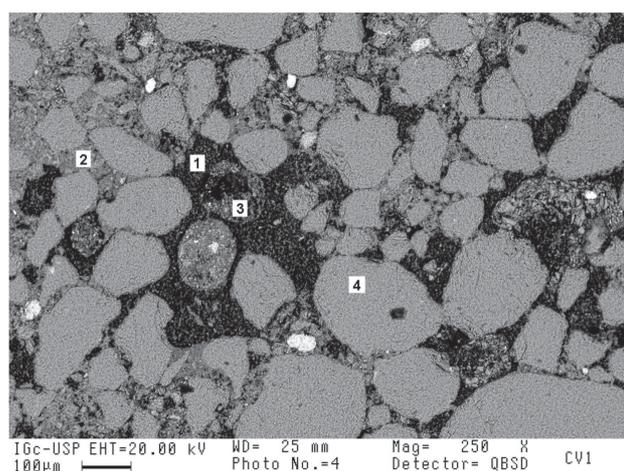


FIGURA 7. Variação das cotas do nível da água de lagoas salinas da fazenda Barranco Alto entre julho e outubro de 2008 em relação à altitude do nível da água em julho 2008.

TABELA 8. Razões isotópicas médias de Oxigênio e Hidrogênio de baías e salinas da fazenda Rio Negro e do rio Negro (agosto 2007).

agosto 2007	$\delta^{18}\text{O}$ (VSMOW)	$\delta^2\text{H}$ (VSMOW)
Rio Negro (n=1)	-1,51	-17,0
Baías (n=5)	6,79	28,4
salinas (n=7)	49,2	10,5
Água de poço (n=2)	-1,90	-19,6



FOTOMICROGRAFIA 1. Imagem de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) de sedimento de fundo de salina seca (Fazenda Nhumirim, Baixa Nhecolândia, MS, amostra coletada pelos autores). Em 1, 2, 3 e 4 análises semi-quantitativas por micro-sonda EDS, com resultados na Tabela 9. MEV do Instituto de Geociências da USP.

TABELA 9. Resultados semi-quantitativos de micro-sonda EDS para os pontos 1 e 2 (cimento), 3 (grão de silicato, fração areia média) e 4 (grão de quartzo, fração areia grossa).

Elemento	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
	% Elemento	% Elemento	% Elemento	% Elemento
Na	2,98	0,67	1,03	-
Mg	0,64	0,82	0,33	-
Al	1,30	1,44	0,63	-
Si	38,95	39,03	44,08	35,20
Cl	5,30	0,54	0,66	-
K	0,48	2,36	0,27	-
Ca	1,53	0,31	0,64	-
Mn	-	0,27	-	-
Fe	0,78	4,84	0,49	-
Ba	-	0,40	-	-
O	48,03	49,33	51,87	64,73
Total	99,99	100,01	100,00	99,93

solubilidade do quartzo aumenta sobretudo em pHs muito elevados, supõe-se que este processo ocorra apenas nos eventos biogeoquímicos mais extremos, em condições geoquímicas entretanto não reportadas nesta pesquisa: nas amostras analisadas em Almeida (2009) o quartzo estava supersaturado, o que impede sua dissolução. A presença de sílica amorfa entre os sedimentos sob os lagos salino-alcálicos, entretanto, indica ter ocorrido a dissolução de quartzo, pois não há outra fonte de Si^{4+} . Por outro lado a dissolução de sílica amorfa, fruto da re-precipitação de SiO_2 , ocorre por sua maior solubilidade, podendo ser remobilizada em

pHs em torno de dez. Neste processo de discreta solubilização de SiO_2 de quartzo acrescentando gradualmente sílica amorfa nos períodos de seca extrema, gradualmente aumentaria o isolamento dos lagos em que ocorresse o processo. Estes lagos, ao se isolarem, tem aumentada a possibilidade de eventos extremos. A hipótese considerada é que nestes lagos ocorreria mais freqüente e importante dissolução de quartzo, levando ao rebaixamento do fundo do lago. Este rebaixamento seria naturalmente limitado pelo freático, o que explicaria o fundo plano das salinas típicas, em contraposição ao fundo côncavo das baías.

CONCLUSÕES

O fato das salinas estarem rebaixadas em relação às baías é conhecido não apenas pela análise da literatura, mas também pelo observador atento que visita a Baixa Nhecolândia. Este trabalho, entretanto, demonstra quantitativamente este fato para dezenas de lagoas de salinidades diversas bem como apresenta aspectos da variação sazonal das cotas do nível da água de um e outro tipo de lagoa. Estas conclusões, discutidas à luz de dados de outras origens, explica o isolamento das salinas sem necessitar das barreiras das cordilheiras, nem sempre presentes e possivelmente muito porosas na maior parte dos casos.

Permite ainda propor um processo para o funcionamento e gênese das lagoas salinas e alcalinas do mega campo de lagoas da Baixa Nhecolândia:

1. Em um processo biogeoquímico ocorre a alcalinização de parte das lagoas;

2. Com a alcalinização inicial e discreto aumento da salinidade, sem dissolução de quartzo, ocorre a dominância por organismos da classe das cianobactérias, que continuam o processo de alcalinização elevando o pH a valores acima de dez;
3. A alta alcalinidade gerada pela geoquímica e cianobactérias permite a manutenção de elevados pHs mesmo com alguma contribuição de águas do freático ou de chuvas fracas, podendo auxiliar a lenta dissolução da sílica das areias quartzosas da Formação Pantanal;
4. A dissolução das areias tenderia a rebaixar o fundo das lagoas de águas alcalinas ao mesmo tempo em que isola estas lagoas do freático, permitindo um aumento de salinidade ano a ano através da evaporação da água de chuva, levando a elevados teores em sais dissolvidos, pHs e alcalinidades e a *blooms* de cianobactérias.

Muitas questões de base da gênese da Baixa Nhecolândia continuam abertas e este ambiente único no planeta merece pesquisas mais amplas, preferencialmente de caráter interdisciplinar. Entre estas uma questão central é o fato de que os dados geoquímicos até agora obtidos não mostrarem a dissolução do

quartzo: as amostras de água com pHs elevados estão sempre com altos teores em Si^{4+} , tornando tais águas supersaturadas em quartzo, levando à precipitação de sílica amorfa mas não à dissolução do quartzo. Não tendo sido aventada outra hipótese plausível, manteve-se esta hipótese, apresentando as restrições encontradas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapesp (processo n. 2006/61052-4) e ao CNPq (Processo n. 483272/2007-8) pelo financiamento da pesquisa. Agradecem também aos proprietários da fazenda Barranco Alto, Marina e Lucas Leuzinger, pela excelente acolhida e apoio nas atividades de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. Geologia do sudoeste Matogrossense. **Boletim do DNPM/DGM**, v. 116, p. 1-118, 1945.
2. ALMEIDA, T.I.R. DE. **Gênese e funcionamento das lagoas do Pantanal da Nhecolândia, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil**. Relatório Técnico de Auxílio à Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq - processo 483272/2007-8, 85 p., 2009.
3. ALMEIDA, T.I.R. DE; SÍGOLO, J.B.; FERNANDES, E.; QUEIROZ NETO, J.P. DE; BARBIERO, L.; SAKAMOTO, A.Y. Proposta de classificação das lagoas da Baixa Nhecolândia-MS com base em sensoriamento remoto e dados de campo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 83-90, 2003.
4. ASSINE, M.L. **Sedimentação na bacia do pantanal Mato-grossense, centro-oeste do Brasil**. Rio Claro, 2003. 106 p. Tese (Livre-Docência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
5. CARVALHO, R.M.; DE TOMI, G.F.C.; QUINTANILHA, J.A.; ARMSTRONG, M. **Geoestatística: Avaliação de Jazidas, Planejamento de Lavra e Interface com Análise Econômico-Financeira**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 48 p., 1998.
6. CLAPPERTON, C. **Quaternary Geology and Geomorphology of South America**. Amsterdam: Elsevier, 779 p., 1993.
7. COSTA, M.P.F. & TELMER, K.H. Mapping and monitoring lakes in the Brazilian Pantanal wetland using synthetic aperture radar imagery. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 17, n. 3, p. 277-288, 2007.
8. CUNHA, J. Cobre do Jaurú e Lagoas alcalinas do Pantanal (Mato Grosso). **Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral**, v. 6, p. 54, 1943.
9. DAVIS, J.C. **Statistics and Data Analysis in Geology**. New York: John Wiley & Sons Inc., 646 p. 1986.
10. DE LAMÔNICA-FREIRE, E. & HECKMAN, C.W. The seasonal succession of biotic communities in wetlands of the tropical wet-and-dry climatic Zone III: The algal communities in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil, with a comprehensive list of the known species and revision of two desmid taxa. **Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie**, v. 81, n. 2, p. 253-280, 1996.
11. EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E. (Eds). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: American Public Health Association, 1546 p., 1999.
12. ESTEVES, F. DE A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência Ltda., 602 p. 1998.
13. GALVÃO, L.S.; PEREIRA FILHO, W.; ABDON, M.M.; NOVO, E.M.L.M.; SILVA, J.S.V.; PONZONI, F.J. Spectral reflectance characterization of shallow lakes from the Brazilian Pantanal wetlands with field and airborne hyperspectral data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 21, p. 4093-4112, 2003.
14. HARBAUGH, J.W. & MERRIAM, D.F. **Computer Applications in Stratigraphic Analysis**. New York: John Wiley & Sons Inc., 282 p., 1968.
15. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Modelo de Ondulação Geoidal – programa MAPGEO2004**. IBGE – Coordenação de Geodésia (CGED). Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 23jul2009.
16. JONES, B.E.; GRANT, W.D.; DUCKWORTH, A.W.; OWENSON, G.G. Microbial diversity in soda lakes. **Extremophiles**, v. 2, n. 3, p. 191-200, 1998.
17. LANDIM, P.M.B. **Análise Estatística de Dados Geológicos**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 226 p., 1997.
18. MEDINA-JÚNIOR, P.B., & RIETZELER, A.C. Limnological study of a Pantanal saline lake. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65 n. 4, p. 651-659, 2005.
19. MELACK, J.M. & KILHAM, P. Photosynthetic rates of phytoplankton in East African alkaline, saline lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 19, n. 5, p. 743-755, 1974.
20. MOURÃO, G. **Limnologia Comparativa de Três Lagoas (Duas “Baías” e uma “Salina”) do Pantanal da Nhecolândia**. São Carlos, 1989. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos.
21. ODUOR, S.O. & SCHAGERL, M. Temporal trends of ion contents and nutrients in three Kenyan Rift Valley saline-alkaline lakes and their influence on phytoplankton biomass. **Hydrobiologia**, v. 584, n. 1, p. 59-68, 2007.
22. OLIVEIRA, M.D. & CALHEIROS, D.F. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 427, n. 1, p. 101-112, 2000.
23. SAKAMOTO, A.Y. **Dinâmica hídrica em uma Salina e seu entorno no Pantanal da Nhecolândia: contribuição ao estudo das relações entre o meio físico e a ocupação, Fazenda São Miguel do Firme, MS**. São Paulo, 1997. 183 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

24. SAKAMOTO, A.Y.; QUEIROZ-NETO, J.P.; FERNANDES, E.; LUCATI, H.M. Topografia de lagoas salinas e seus entornos no Pantanal de Nhecolândia-MS. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL - MANEJO E CONSERVAÇÃO, 2, 1996, Corumbá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1996, CD-ROM.
25. SANTOS, K.R.S.; SAKAMOTO, A.Y.; NETO, M.J.; BARBIERO, L.; QUEIROZ NETO, J.P. Ficoflora do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil: um levantamento preliminar em três lagoas alcalinas e uma salitrada. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 4, 2004, Corumbá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2004, CD-ROM.
26. SILVA, J.S.V. & ABDON, M.M. Delimitação do pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, Número Especial, p. 1703-1713, 1998.
27. SILVA, L.H.S.; DAMAZIO, C.M.; IESPA, A.A.C. Identificação de Cianobactérias em Sedimentos da Lagoa Pitanguinha, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 31, n. 1, p. 11-16, 2008.
28. SOARES, A.P.; SOARES, P.C.; ASSINE, M.L. Areiais e lagoas do pantanal, Brasil: herança paleoclimática? **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 211-224, 2003.
29. TOPCON Tools. **Topcon Positioning Systems Version 6.1**. Livermore: Topcon Positioning Systems, CD-ROM, 2004.
30. TILMAN, D.L. Resource competition between phytoplanktonic algae: an experimental and theoretical approach. **Ecology**, v. 58, p. 338-348, 1977.
31. TRICART, J. El Pantanal: un ejemplo del impacto geomorfológico sobre el ambiente. **Informaciones Geográficas**, v. 29, p. 81-97, 1982.
32. TRIMBLE. TGO - **Trimble Navigation Limited Mapping & GIS Systems Version 1.6**. Sunnyvale: Trimble Geomatics Office, CD-ROM, 2003.
33. WESTALL, F. Life on the Early Earth: A Sedimentary View. **Science**, v. 308, p. 366-367, 2005.
34. YAMAMOTO, J.K. A Review of Numerical Methods for the Interpolation of Geological Data. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 70, n. 1, p. 91-116, 1998.
35. ZANI, H.; ASSINE, M.L.; ARAUJO, B.C.; MERINO, E.R.; SILVA, A.; FACINCANI, E.M. Lobos deposicionais na evolução do megaleque do rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1, 2006, Campo Grande. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006, p. 285-292.

*Manuscrito Recebido em: 20 de agosto de 2009
Revisado e Aceito em: 25 de fevereiro de 2009*

