

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**FILTROS PASSA-BAIXAS PONDERADOS E DADOS SRTM  
APLICADOS AO ESTUDO DO PANTANAL DA BAIXA  
NHECOLÂNDIA, MS: ASPECTOS TECTÔNICOS E DE  
DISTRIBUIÇÃO DE LAGOAS HIPERSALINAS**

**Deborah Mendes**

Orientador: Prof. Dr. Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

SÃO PAULO  
2008

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Mendes, Deborah

Filtros passa-baixas ponderados e dados SRTM aplicados ao estudo do Pantanal da Baixa Nhecolândia, MS: aspectos tectônicos e de distribuição de lagoas hipersalinas. / Deborah Mendes. - São Paulo, 2008.

vii, 67 f. : il.

Dissertação (Mestrado) : IGc/USP

Orient.: Almeida, Teodoro Isnard Ribeiro  
de

1. Sensoriamento remoto 2.  
Geoprocessamento 3. Nhecolândia (MS): Neotectônica  
4. Nhecolândia (MS): Lagoas salinas 5. Nhecolândia  
(MS): Lagoas hiposalinas I. Título

*Dedico esta Dissertação a meu pai, poeta e  
enxadrista sem fama nem currículo com alguma  
perspicácia, que me mostrou que vale a pena viver  
com intenção, porque viver por viver é muito pobre.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida pela orientação, paciência e amizade, e por ter me levado a trabalhar neste mundo maravilhoso chamado Pantanal;

À USP pela possibilidade de realizar o presente estudo, à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão de bolsa de mestrado através do Programa de Demanda Social – DS, cota da Pró-Reitoria de Pós-Graduação, e ao Programa de Apoio à Pós-Graduação – PROAP pelo financiamento parcial dos trabalhos de campo, que resultaram na minha Dissertação de Mestrado;

Ao Prof. Dr. Paulo César Boggiani, do IGc-USP, Ricardo Wey Marques, Diretor do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro (PEPRN), e Instituto Forpus, pela viabilização dos trabalhos de campo;

Ao Fábio Cardinale Branco, que me ajudou nas minhas primeiras incursões nas imagens de satélites e pelo desenvolvimento dos filtros utilizados nesta dissertação;

Às secretárias da Seção de Pós-Graduação, Ana Paula e Magali, sempre prestativas;

Ao Erminio Fernandes, pelas discussões e desabafos nas horas de brabeza;

Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Souza Filho, da UNICAMP, pelas prontas respostas às mais diversas dúvidas e pelas imagens ASTER;

À Mônica Mazzini Perrotta, do CPRM-SP, pelas valiosas dicas de como usar o ENVI;

Ao Antônio Tadashi Kikuda, do LIG;

Ao José Carlos e José Milton (os Zés), da Fibra Consultoria, que, graças a esse trabalho, tornaram-se grandes amigos;

À Liliana e Maria da Glória pela leitura, correções e sugestões, mas, principalmente, pela amizade;

À Sílvia Cremonez, pois sem sua companhia esta odisséia dissertativa não seria a mesma;

Aos meus avós, Erasmo e Martha, de quem herdei o gosto pela ciência;

À minha vó Maria, a mulher mais forte que já conheci;

À minha mãe, Dirce, pois sem seu apoio incondicional eu não estaria aqui;

À minha irmã, Paola, com quem aprendi que mesmo nas maiores adversidades é possível rir e seguir adiante;

Ao César, meu marido, e aos meus filhos, Pedro e Gustavo, pois com eles redescobri que podemos crescer até nos tornarmos gigantes.

*“Uma idéia-síntese diante do Pantanal. Uma idéia de paisagem que instiga a imaginação dentro da própria esfera do científico. No jogo entre o imaginário e a paisagem, a expressão Mar de Xaraés não foi cunhada por nenhum cronista-viajante, mas sim pela impressão – comparativa e, no limite, poética – da paisagem, impressa nos textos dos cronistas, e suas posteriores interpretações; impressa também nos pesquisadores contemporâneos diante do fato poético-geográfico da imaginação de que a paisagem, em si mesma, lembra o mar. ‘A imagem poética, em sua novidade, abre o porvir da linguagem’ (Bachelard, 1988). Uma imagem elaborada talvez muito mais do impacto poético da paisagem do que da geografia dela. Nesse sentido, essa imagem elabora entrecruzamentos essenciais para a minha perspectiva de pensar o espaço-paisagem-Pantanal. Uma imagem-espaço desse ‘incessante mar que na afável manhã segue sulcando a areia infundável’ (Borges, 1999).”*

*Mar de Xaraés ou as “reinações” do Pantanal*

*Mário Cezar Silva Leite*

*Sociedade e Cultura, V. 5, N. 1, Jan./Jun. 2002, P.*

*23*

## RESUMO

MENDES, D. **Filtros passa-baixas ponderados e dados SRTM aplicados ao estudo do Pantanal da Baixa Nhecolândia, MS: aspectos tectônicos e de distribuição de lagoas hipersalinas.** 2008 67 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

O Pantanal Matogrossense divide-se em onze sub-regiões com características muito distintas, entre elas a Nhecolândia, cuja porção oeste, a Baixa Nhecolândia, apresenta uma fisiografia única no planeta, com milhares de lagoas salinas e hipossalinas intercaladas de forma aparentemente aleatória. Este ambiente, inserido em uma planície muito mais ampla, tem parte de seus limites bruscos e retilíneos. Um deles, a NW, reconhecido na literatura como de origem tectônica, é dado por reativação do Lineamento Transbrasiliano que soergueu a Baixa Nhecolândia. O outro, a SW, embora também retilíneo, não tem na literatura menção a uma possível origem tectônica. Considerando a dificuldade de se encontrar em areias inconsolidadas evidências diretas de possíveis estruturas, optou-se por buscar em variações topográficas evidências deste evento. A região tem gradiente topográfico extremamente baixo, com declividade para SW dando-se em cm/km e a diferença de altitude encontrada no limite NW da ordem de 4 m. Considerando usar modelos digitais de terreno gerados por imagens SRTM para obter perfis altimétricos das porções lineares dos limites daquele ambiente, encontrou-se o problema de ruídos de alta frequência inerentes ao método, gerando variações de até 16 m na altitude indicada, portanto, várias vezes superiores às variações do terreno. Sendo quase perfeitamente gaussiana a distribuição dos erros em valores negativos e positivos desenvolveu-se um filtro passa-baixas ponderado baseado no princípio dos de média móvel, utilizados para esse fim há décadas. Aplicado este filtro pôde-se não apenas confirmar as variações de altitude do limite NW como obter indicações do limite SW. Com isso pôde-se formular a hipótese de estar toda a Baixa Nhecolândia soerguida em relação às planícies vizinhas, hipótese que tem como corolário a de que a origem do campo de lagos seria função de tal soerguimento, com o rebaixamento do nível de base isolando segmentos das drenagens pré-existentes. A este limite SW nomeou-se Lineamento do Rio Negro, o qual em sua continuidade para NW captura o rio Paraguai e se confunde com o Lineamento Tucavaca, na Bolívia. Por outro lado foi realçada a distribuição das lagoas, utilizando filtros passa-baixas ponderados desenvolvidos previamente para realçar feições geológicas de baixa frequência. Com isso pôde-se verificar padrões diferenciados na distribuição de lagoas salinas e hipossalinas, com concentração de lagoas salinas dando-se, aparentemente, em porções mais elevadas da planície, como confirmado em uma região, no extremo oeste da Nhecolândia. Não se descarta, portanto, uma influência da tectônica na distribuição das lagoas salinas da Baixa Nhecolândia.

Palavras-chave: Baixa Nhecolândia, lagoas salinas e hipossalinas, tectônica ativa, SRTM.

## ABSTRACT

**MENDES, D. *Weighted low-pass filter and SRTM data applied to Low Nhecolândia Pantanal (MS) study: tectonics aspects and hipersalines ponds arrangement.* 2008 67 f. Dissertation (Master Degree) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.**

*The Pantanal Matogrossense is divided in eleven sub-regions that present highly distinct characteristics. Among these sub-regions is the Nhecolândia, whose West portion presents a unique physiography in the globe, with thousands of randomly disposed saline ponds. This environment is part of a much wider plain and shows part of its limits sharp and straight. The NW limit has a tectonic origin resulting from reactivation of the Transbrasiliano Lineament, which caused the uplift of the Low Nhecolândia. The SW limit is also straight, but no mention to its possible tectonic origin exists. As the sands present are incohesive, there are no direct records of these possible tectonic structures and we opted to use topographic variations to search for evidences. The area has an extremely low topographic gradient and shows cm/km SW-verging declivities, as well as circa 4 m levels differences in the NW limit. Attempts of using digital models generated by SRTM images in order to obtain altimetric profiles of the linear portions in its limits, problems regarding the high-frequency noises that are part of the method were found. This generated up to 16 m variations in the topography, much higher than the real variations on the terrain. As the distribution of both positive and negative errors is nearly gaussian we developed a weighted low-pass filter based on the mobile average principle, which has been used for decades. The application of this filter allowed to confirm not only the variations in the topography in the NW limit but also to obtain information about the SW limit. This lead to the hypothesis that the whole Low Nhecolândia must have been uplifted in relation to the neighboring plains and the field of ponds would have its origin as a function of such uplift as the base level is goes down and isolates segments from former drainages. The SW limit is being called Rio Negro Lineament, which continues to NW and gets the Paraguai River and mix with the Tucavaca Lineament, in Bolivia. On the other hand the distribution of the ponds was remarked when using the weighted low-pass filter previously developed to enhance low-frequency geological features. We could then verify different patterns in the distribution of both saline and hyphosaline ponds. The first concentrates apparently in higher portions in the plain, as confirmed in a region at the West part of Nhecolândia. The tectonic influence in the distribution of the saline ponds in the Low Nhecolândia cannot be discarded.*

*Keywords: active tectonics, Low Nhecolândia, salty and hyposalty ponds, SRTM.*

## SUMÁRIO

Agradecimentos.....	ii
Resumo .....	iv
Abstract.....	v
Capítulo 1 – Introdução .....	1
Capítulo 2 – Distribuição espacial de diferentes classes de lagoas no Pantanal da Nhecolândia, MS, a partir de dados vetoriais e SRTM: uma contribuição ao estudo de sua compartimentação e gênese.....	15
Capítulo 3 – Lineamentos Transbrasiliano e Rio Negro: possíveis limites tectônicos do Pantanal da Nhecolândia – MS ..	29
Capítulo 4 – Resultados Obtidos e Discussão .....	47
Capítulo 5 – Conclusões .....	57
Capítulo 6 – Referências Bibliográficas.....	60
Anexo 1 – Carta de submissão do artigo do Capítulo 3 à Revista Brasileira de Geociências	
Anexo 2 – Resumo do trabalho apresentado no XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, 2006, Aracajú (SE)	
Anexo 3 – Resumo do trabalho apresentado no 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2006, Campo Grande (MS)	



## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1 – Introdução

Figura 1.1 .....	3
Figura 1.2 .....	7
Figura 1.3 .....	10
Figura 1.4 .....	12

### Capítulo 2 – Distribuição espacial de diferentes classes de lagoas no Pantanal da Nhecolândia, MS, a partir de dados vetoriais e SRTM: uma contribuição ao estudo de sua compartimentação e gênese

Figura 1 .....	19
Figura 2 .....	20
Figura 3 .....	21
Figura 4 .....	22
Figura 5 .....	23
Figura 6 .....	24
Figura 7 .....	24
Figura 8 .....	25

### Capítulo 3 – Lineamentos Transbrasiliano e Rio Negro: possíveis limites tectônicos do Pantanal da Nhecolândia – MS

Figura 1 .....	31
Figura 2 .....	36
Figura 3 .....	39
Figura 4 .....	40
Figura 5 .....	41
Figura 6 .....	42

### Capítulo 4 – Resultados Obtidos e Discussão

Figura 4.1 .....	49
Figura 4.2 .....	50
Figura 4.3 .....	51
Figura 4.4 .....	52
Figura 4.5 .....	54
Figura 4.6 .....	55
Figura 4.7 .....	56