



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

ARY TAVARES REZENDE FILHO

**ESTUDO DA VARIABILIDADE E ESPACIALIZAÇÃO DAS
UNIDADES DA PAISAGEM: Banhado (baía/vazante), Lagoa
Salina e Lagoa Salitrada no Pantanal da Nhecolândia, MS.**

**AQUIDAUANA
2006**

ARY TAVARES REZENDE FILHO

**ESTUDO DA VARIABILIDADE E ESPACIALIZAÇÃO DAS
UNIDADES DA PAISAGEM: Banhado (baía/vazante), Lagoa
Salina e Lagoa Salitrada no Pantanal da Nhecolândia, MS.**

Dissertação apresentada à Coordenação do
Programa de Pós-Graduação em Geografia,
em nível de Mestrado, do Câmpus de
Aquidauana, da Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, como exigência para obtenção
do grau de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto.

**Aquidauana
2006**

FICHA CATALOGRÁFICA

Rezende Filho, Ary Tavares.

ESTUDO DA VARIABILIDADE E ESPACIALIZAÇÃO DAS UNIDADES DA PAISAGEM: Banhado (baía/vazante), Lagoa Salina e Lagoa Salitrada no Pantanal da Nhecolândia, MS. / Ary Tavares Rezende Filho – Aquidauana, MS: (s.n), 2006.

Orientador: Arnaldo Yoso Sakamoto

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

1. Pantanal. 2. condutividade elétrica. 3. solo mineralizado.

I. Rezende Filho, Ary Tavares. II. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. *Câmpus* de Aquidauana. III Título

COMISSÃO JULGADORA:



Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto



Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto



Profª. Drª. Edna Maria Facincani

DEDICATÓRIA

Dedico a essência deste trabalho aos meus pais, em especial aos meus irmãos, sobrinhos e as pessoas que contribuíram de certa forma para minha formação, demonstrando paciência, carinho e amizade ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos aqueles que diretamente ou indiretamente colaboraram para que esta dissertação fosse realizada, especialmente:

Ao Prof. Dr Arnaldo Yoso Sakamoto pela orientação.

Ao Prof. Dr. Laurent Barbiéro IRD/CEFIRSE - Department of Metallurgy, Índia Institute of Science - Bangalore, Índia e a Prof^a Dr^a Sônia Furian FFLCH/USP - São Paulo, SP. Co-orientação.

Ao Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto, coordenador do projeto 412/03 – Capes/Cofecub, pelo intercâmbio técnico-científico de pesquisadores franceses no País.

À Prof^a Dr^a Rosely Pacheco Dias Ferreira pelas conversas e conselhos nas saídas de campo no pantanal.

À Prof^a. Dr^a. Luiza L. Salvi Sakamoto pelo apoio e amizade.

Ao Prof. Dr. Wallace de Oliveira pelo apoio e amizade.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Geografia que contribuíram com seus conhecimentos para minha qualificação.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Geografia com os quais convivi.

Aos acadêmicos do curso de Geografia do CPTL - UFMS que fizeram parte da equipe de campo no período de coleta dos dados deste trabalho, em especial Jaqueline Aparecida Pontes Viana, Mauro Henrique Soares da Silva, Vitor Matheus Bacani e Frederico dos Santos Gradella.

Ao DCH – Câmpus de Três Lagoas pelo apoio durante a realização dos créditos junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Ao Prof. Dr. Dercir Pedro de Oliveira pelo apoio durante o período como Diretor do Câmpus de Três Lagoas e pela leitura do trabalho.

À CAPES pela bolsa no período de setembro de 2004 a outubro de 2005.

À PROPP – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul em nome da Prof^a Dr^a Célia de Oliveira pelo apoio financeiro.

À EMBRAPA PANTANAL pela permissão do uso da Fazenda Experimental NHUMIRIM para realização dos trabalhos de campo.

À SEMACT - Secretaria do Meio Ambiente e Turismo do Estado de Mato Grosso do Sul pela cessão dos veículos para locomoção da equipe de campo.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Área de estudo.....	7
CAPÍTULO II.....	13
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Do mito à realidade.....	19
2.1.1 A história.....	19
2.1.2 Uma paisagem eólica e a origem da salinidade.....	20
CAPÍTULO III.....	25
3 CARACTERÍSTICAS CLIMATO-PEDOLÓGICAS DO PANTANAL MATO-GROSSENSE.....	25
3.1 A Sub-região do Pantanal da Nhecolândia.....	37
3.1.1 Particularidades da sub-região do Pantanal da Nhecolândia.....	39
3.1.1.1 Sistemas Geológicos.....	39
3.1.1.2 Leque aluvial.....	40
3.1.1.3 Sistemas geomorfológicos.....	43
3.1.1.4 Sistemas pedológicos.....	45
3.1.1.5 Formações Vegetais.....	45
3.2 Terminologias regionais.....	46
CAPÍTULO IV.....	48
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	48
4.1 Levantamento Topográfico.....	48
4.2 Análise da estrutura pedológica.....	49
4.3 Funcionamento Hídrico.....	52
4.4 Mapeamento da condutividade eletromagnética do solo.....	52
4.4.1 Métodos eletromagnéticos de baixa frequência (EM38).....	54
4.5 Geoestatística.....	56
4.5.1 Tratamento Geoestatístico.....	57
4.5.1.1 Estatística descritiva.....	57
4.5.1.2 Semivariograma.....	58
4.5.1.3 Geração de mapas de Krigeagens.....	60
CAPÍTULO V.....	62
5 RESULTADOS.....	62

5.1 Estudo bidimensional da cobertura pedológica.....	62
5.2 O Comportamento da Oscilação do Lençol Freático.....	76
5.3 Estudo topográfico da Lagoa Salitrada.....	77
5.4 Mapeamento da condutividade eletromagnética nas três unidades da paisagem: Banhado (Baía/Vazante), Lagoa Salina e Lagoa Salitrada.....	79
5.4.1 Geoestatística descritiva.....	79
5.4.2 Histogramas.....	80
5.4.3 Semivariogramas.....	83
5.4.4 Elaboração de mapas por krigeagem.....	85
5.5 Correspondência entre condutividade eletromagnética e cobertura pedológica.....	88
CAPÍTULO VI.....	91
6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	91
6.1 Análise da cobertura pedológica.....	91
6.2 Relação genética entre os três ambientes.....	93
6.3 Análise do funcionamento do lençol freático em relação a morfologia do solo e as incidências de chuvas.....	94
6.4 Topografia da lagoa salitrada.....	96
6.5 Cobertura Vegetal.....	99
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura	1 - Localização da área de estudo.....	6
Figura	2 - Localização da área de estudo e mapa da Fisionomia da fazenda Nhumirim Embrapa Pantanal e parte da fazenda Campo Dora.....	8
Figura	3 - Área de estudo – A Imagem de Satélite Landsat, 2001, B Fotografia Aérea ESAF, 1966 e C Mapa temático.....	9
Figura	4 - Bacia do Alto Rio Paraguai.....	26
Figura	5 - Modelo digital do relevo (confeccionado a partir de dados digitais do terreno, USGS -Dtopo30). A Bacia do Pantanal é separada da Bacia do Chaco (situada no Paraguai) por uma estreita passagem no Planalto Residual do Urucum-Amolar, entalhada em terrenos pré-cambrianos (ASSINE, 2003).....	29
Figura	6 - Modelo digital (confeccionado a partir de dados digitais do terreno do USGS - Dtopo30). As altitudes são inferiores a 200m na Bacia do Pantanal (ASSINE, 2003).....	30
Figura	7 - Pantanaís Mato-grossenses, segundo classificação RADAMBRASIL.....	32
Figura	8 - Mapa das Sub-regiões do Pantanal conforme classificação de Silva & Abdon,1998 com terminologia regional.....	33
Figura	9 - Bacia do Alto Paraguai. Províncias fitogeográficas e áreas de influências (ADÁMOLI, 1986).....	35
Figura	10 - Sucessão vegetal para o Cerrado (COUTINHO, 1990)...	35
Figura	11 - Pantanal da Nhecolândia.....	38
Figura	12 - Imagem de satélite do legue aluvial do rio Taquari, (Imagens Landsat 08/08/2001, Cd-Room Coleção Brasil visto do espaço).....	42
Figura	13 - O cone do rio Taquari segundo a interpretação de Braun, 1977.....	42
Figura	14 - Mapa de compartimentação do Pantanal da Nhecolândia proposto por Fernandes, 2000.....	44
Figura	15 - Malha irregular dos pontos da topografia da lagoa Salitrada.....	49
Figura	16 - Localização da topossequência e sequências estudadas.....	50
Figura	17 - A calibração do aparelho EM38 em função da morfologia do solo.....	51

Figura 18 - Malha regular 10x10 do Banhado (baía-vazante).....	53
Figura 19 - Malha regular 10x10 da lagoa Salina do meio.....	53
Figura 20 - Malha regular 20x20 da lagoa Salitrada.....	54
Figura 21 - Condutivímetro Eletromagnético EM 38 (GEONICS LTD. ONTÁRIO, CANADÁ).....	56
Figura 22 - Modelo de semivariograma experimental (INPE - TUTORIAL SPRING®, 2003).....	59
Figura 23 - Topossequência 1 (sentido sudoeste-nordeste), Banhando (baía-vazante).....	62
Figura 24 - Topossequência 2 (sentido noroeste-sudeste), banhando (baía-vazante).....	63
Figura 25 - Topossequência 3 (sentido sul-norte), banhando (baía-vazante).....	63
Figura 26 - Topossequência 4 (sentido sul-norte), Lagoa Salina (detalhe do perfil no interior da cordilheira entre os piezômetros P2 e P3).....	64
Figura 27 - Topossequência 5 (sentido sul-norte), Lagoa Salina (FURQUIM et al, 2004).....	64
Figura 28 - Topossequência 6 (sentido sudoeste-nordeste), Lagoa Salina.....	65
Figura 29 - Topossequência 7 (sentido sul-norte), Lagoa Salitrada (SILVA, 2004).....	66
Figura 30 - Topossequência 8 (sentido oeste-leste), Lagoa Salitrada.....	67
Figura 31 - Horizonte arenoso superficial.....	68
Figura 32 - Horizonte arenoso em profundidade.....	69
Figura 33 - Horizonte orgânico.....	69
Figura 34 - Horizonte areno-argiloso cinza oliva.....	70
Figura 35 - Horizonte areno-argiloso cinza oliva com manchas ocre.....	71
Figura 36 - Horizonte orgânico - gretas (Tipo Turfa).....	71
Figura 37 - Horizonte argilo-arenoso (Camada Verde).....	72
Figura 38 - Laje (horizonte endurecido).....	72
Figura 39 - Perfil morfológico com as sucessões verticais mais marcantes nos 3 ambientes.....	73
Figura 40 - Perfil morfológico com a presença do horizonte areno-argiloso cinza oliva com manchas ocre.....	73
Figura 41 - Perfil morfológico do horizonte “turfoso” na lagoa salitrada.....	74

Figura 42 - Ondulações da camada verde.....	75
Figura 43 - Mapa da topografia da lagoa salitrada.....	78
Figura 44 - Bloco diagrama da topografia da lagoa salitrada.....	79
Figura 45 - Mapa dos dados brutos de condutividade eletromagnética do banhado (baía-vazante).....	86
Figura 46 - Mapa dos dados com transformação logarítmica de condutividade eletromagnética do banhado (baía-vazante).....	86
Figura 47 - Mapa dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salina.....	87
Figura 48 - Mapa dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salitrada.....	88
Figura 49 - Esquema Hipotético da evolução da lagoa salitrada.....	98

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - A - Vista em detalhe da concentração das palmeiras carandás, B – Vista Panorâmica do Banhado (Baía-Vazante).....	10
Foto 2 - Vista panorâmica parcial da Lagoa Salina.....	11
Foto 3 - Vista da parte sul da lagoa salitrada ao fundo as palmeiras carandá.....	12
Foto 4 - Vista da parte norte da lagoa salitrada ao fundo as palmeiras babaçu.....	12
Foto 5 - Vista aérea do Pantanal da Nhecolândia, (SAKAMOTO, 2001).....	38
Foto 6 - Aparelho EM 38 (Geonics Ltd, Ontário, Canadá).....	55
Foto 7 - Lagoa salina no período de seca em setembro 2005.....	74
Foto 8 - Lagoa salitrada no período de seca setembro de 2005.....	75
Foto 9 - Abertura na cordilheira no sentido do alongamento da depressão da topografia.....	97

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico comparativo entre os piezômetros P2 e P3 oscilação do lençol freático e o índice de chuva na Fazenda Nhumirim (BARBIÉRO et al, 2005).....	76
Gráfico 2 - Histograma dos dados da topografia da lagoa salitrada.....	77
Gráfico 3 - Semivariograma dos dados da topografia da lagoa salitrada.....	78
Gráfico 4 - Histograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética do banhado (baía-vazante).....	80
Gráfico 5 - Histograma dos dados com transformação logarítmica de condutividade eletromagnética do banhado (baía-vazante).....	81
Gráfico 6 - Histograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salina.....	81
Gráfico 7 - Histograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salitrada.....	82
Gráfico 8 - Semivariograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética do banhado (baía-vazante).....	83
Gráfico 9 - Semivariograma dos dados com transformação logarítmica de condutividade eletromagnética do banhado (baía-vazante).....	84
Gráfico 10 - Semivariograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salina.....	84
Gráfico 11 - Semivariograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salitrada.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados dos dados coletados nos três ambientes.....	79
---	----

SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

COFECUB - Comité Français d'évaluation de la Coopération
Universitaire avec le Brésil

CPAP – Centro de Pesquisa Agropecuário do Pantanal

CPTL – Câmpus de Três Lagoas

DCH – Departamento de Ciências Humanas

DG – Departamento de Geografia

DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FFLCH – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IRD – Institut de Recherche pour le Développement

MS – Mato Grosso do Sul

MT – Mato Grosso

SEMACT – Secretaria do Meio Ambiente e Turismo do Estado de Mato
Grosso do Sul

SIMPAN - Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do
Pantanal

UFMS Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso

USP – Universidade de São Paulo

RESUMO

A Nhecolândia é uma sub-região do Pantanal com característica distinta com presença de lagoas salinas (alcalina) e baías (água doce). A área de estudo está localizada nas Fazendas Nhumirim e Campo Dora. O objetivo do trabalho foi de analisar a relação genética do sistema compreendido por três unidades da paisagem diferenciadas, com variabilidade geoquímica diferenciada em curtas distâncias, sob as mesmas influências climáticas: o banhado (baía/vazante) com água ácida, a lagoa salina com água concentrada e a lagoa salitrada cuja concentração de sais varia sazonalmente. Foram realizadas medidas de condutividade elétrica (EM38) e analisada a estrutura pedológica para caracterizar a organização do solo associada à variabilidade da condutividade elétrica. Os resultados revelaram uma alta variabilidade geoquímica nessas unidades, a existência de um solo mineralizado com uma organização particular (camada verde). No banhado (baía/vazante), em forma de um semicírculo descontínuo, essa estrutura é apenas uma relíquia de um ambiente transformado ao longo do tempo; na lagoa salina, a mesma estrutura aparece de forma contínua, formando um anel (soleira), mantendo suas características preservadas de um ambiente salino em funcionamento e, na lagoa salitrada, as estruturas são similares às da lagoa salina, porém menos marcante, com ligação com ambientes não salinos pela movimentação de água superficial e sub-superficial.

Palavras-chaves: Pantanal, condutividade elétrica, solo mineralizado.

RESUMÉ

La Nhecolandia est une sous région du Pantanal qui se caractérise principalement par la présence de lacs salés alcalins ou d'eau douce. L'objectif de ce travail est l'analyse génétique possible entre trois environnements distincts du paysage, et présentant une grande variabilité géochimique à faible distance, bien que sous les mêmes conditions climatiques. L'étude a été menée sur deux fermes, la "Nhumirim" et la "Campo Dora". Les trois environnements retenus sont: Le "Banhado", présentant une eau plutôt acide, un lac salé (salina) avec une eau fortement minéralisée et alcaline, la "Salitrada", dont la concentration en sel est plus variable en fonction de la saison. La structure de la couverture pédologique a été appréhendée par une étude couplée de la morphologie et de mesures spatialisées de la conductivité électromagnétique (EM38). Les résultats révèlent une conductivité très variable ainsi que l'organisation particulière d'un horizon minéralisé nommé "Couche verte". Dans le Banhado, il apparaît sous la forme d'un croissant discontinu, relique d'un système transformé au cours du temps. Dans la salina, cette même structure apparaît sous la forme d'un anneau continu, traduisant un système salin préservé. Enfin, dans la Salitrada, la structure de la Couche verte, bien que moins marquée, est similaire à celle observée dans la Salina, présentant des liaisons avec les environnements non salés par les mouvements d'eau superficiels et sub-superficiels.

Mots clés: Pantanal, conductivité électromagnétique, sols salés.

INTRODUÇÃO

O Pantanal Mato-grossense, situado no centro do continente sul-americano, é dado como a maior planície de inundação do mundo (POR, 1995), que corresponde a uma depressão tectônica recente. Apresenta terrenos planos, constituídos por sedimentos quaternários e sujeitos às inundações periódicas, tendo, conseqüentemente, um papel fundamental na regularização hídrica desta bacia (ALMEIDA, 1959; AB'SABER, 1972; EMBRAPA, 1987; DNOS, 1974; RADAMBRASIL, 1982 apud SAKAMOTO, 1993). A planície pantaneira com altitudes que variam de 80 a 180 m.

A área do Pantanal é drenada pelo rio Paraguai e por seus tributários, que se encontram no lado esquerdo do rio Paraguai. Não é um sistema homogêneo, mas é composto por diversos geossistemas, e facilmente contrastado geomorfologicamente, formando assim unidades de paisagens individualizadas. Uma delas em particular a sub-região do Pantanal da Nhecolândia, onde nosso estudo foi conduzido, é a presença de milhares de lagoas salinas redondas, elípticas, alongadas e de água doce (CUNHA, 1943; BRUM e SOUZA 1985; MOURÃO et al., 1988).

Segundo Sakamoto (1997), à medida que nos dirigimos da escala macro regional a uma escala sub-regional, o Pantanal não se configura como uma unidade homogênea por toda sua extensão. Podem-se distinguir, no Pantanal, algumas unidades homogêneas, quando são considerados os gradientes topográficos e a área abrangida pelas inundações periódicas e irregulares do rio Paraguai, assim como as feições morfológicas do relevo, dos solos e da vegetação.

Neste contexto, podemos considerar que o Pantanal adquire várias fisionomias de acordo com os períodos de águas baixas ou águas altas configurando as suas sub-regiões. Entretanto, embora o número dos estudos realizados no Pantanal tenha aumentado recentemente, pouco é sabido sobre o funcionamento do ecossistema do Pantanal. Negligenciar a

compreensão de seu funcionamento pode conduzir a mau emprego no uso do solo e manejo, podendo acarretar prejuízos nos ambientes.

Diferentes hipóteses foram formuladas a fim de explicar a origem das lagoas e suas gêneses, que está ainda sob debate. Uma hipótese, que não considera a presença dos sais, reivindica que a formação de lagoa ocorreu em decorrência do deslocamento dos cursos dos rios. Dar forma regular em volta das lagoas resultaria então em depressões cercadas por meandros interrompidos por bancos de areia. Similarmente, os bancos de areias criariam atalhos nos meandros que girariam em fita alongada de areia, como sugerido por Wilhelmy (1958) e corroborado mais tarde por Ab'Saber (1988).

Uma outra hipótese sugere a deflação do vento em combinação com a salinidade elevada dos solos e da acumulação de partículas de areia fina homogênea de tamanho das dunas do tipo "Sebkha" (TRICART, 1982). Klammer (1982) admite que seja somente uma explanação parcial, desde que algumas áreas tenham tais paleodunas sem um lago acompanhando. Reformulação eólica foi sugerida por Almeida (1945) para explicar as características granulométricas das areias na área de Nhecolândia. Soares et al. (2003) enfatizaram que o tamanho dos grãos de areia é muito seletivo, mas o tamanho e características das partículas dos grãos de areias poderiam ser herdados da área da fonte. Barbiéro et al, (2000), ao contrário das hipóteses acima, afirma não ser preciso a intervenção do paleo-processos para explicar a presença de ambientes geoquímicos tão contrastados. No entanto explica que a variabilidade geoquímica é resultante dos processos atuais de mobilizações e concentrações das águas.

Na tentativa de entender os processos e as questões sobre as unidades de paisagem do Pantanal, um estudo regional, efetuado na Nhecolândia mediante o projeto coordenado pelo Prof. Dr. **Arnaldo Yoso Sakamoto**, teve seu início na década de 1990 com o título "**Processos Dinâmicos no Pantanal da Nhecolândia**" junto ao Departamento de Ciências Humanas do Câmpus de Três Lagoas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (DCH/CPTL/UFMS) e ao Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (DG/FFLCH/USP). Tendo como

resultado várias apresentações e publicações em encontros nacionais e internacionais da área, como também artigos em revistas especializadas, a exemplo de “Experimentos de campo pedo-climáticos e perspectivas de pesquisa científica no Pantanal da Nhecolândia, publicado nos Anais do 4º Encontro Nacional de Estudos sobre Meio Ambiente, UFMT, Cuiabá MT, 1993”; “Processos Dinâmicos no Pantanal da Nhecolândia, MS, no IX Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFMS. Campo Grande, MS, 1994”; “Le “Pantanal da Nhecolândia” cadre physique et Dynamique Hydrologique, le: Quatrième Conférence Internationale de Géomorphologie. Bologna – Itália, 28-VIII/3-IX. Suplemento di Geografia Física e Dinâmica quaternária, Comitato Glaciologico Italiano, v 22 1999, 13-21p. Torino” e culminando com a tese de doutorado do Prof. Arnaldo Yoso Sakamoto “Dinâmica hídrica em uma “Salina” e seu entorno e a ocupação, Fazenda São Miguel do Firme, MS. São Paulo SP, 1997: 181p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo”.

Esse avanço científico demonstrado por essas publicações forçou o desmembramento do projeto inicial em vários subprojetos, resultando em iniciação científica, monografias de conclusão de curso, curso de especialização e dissertações.

A partir de então, procurou-se novas parcerias envolvendo uma equipe de pesquisadores pertencentes, além das duas instituições citadas, ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN), a Universidades da França (PARIS 7, TOLOUSE, MARSEILLE e RENNES 2), ao Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento (IRD - FRANÇA) e o apoio logístico da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA-CPAP), à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso do Sul (SEMACT-MS).

Atualmente, está em vigor o Projeto 412/03 “Processos Físico-Hídricos e Biogeoquímicos no Pantanal da Nhecolândia e suas Representações Espaciais (MS, BRASIL)” com Convênio Capes/Cofecub, por meio do qual são realizados intercâmbios técnico-científicos entre as instituições citadas e o projeto **“Funcionamento Hidrológico, Físico e**

Biogeoquímico do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil", no qual se pretende, basicamente, analisar as relações entre as áreas alagáveis e a biogeoquímica ambiental.

As investigações aplicadas nos estudos do Pantanal da Nhecolândia apresentaram alguns resultados importantes para o conhecimento do ambiente pantaneiro. A organização e a diferenciação dos ambientes distintos apontam para a importância da água e dos fluxos tanto superficial como subsuperficial associados às unidades cordilheira/salina e vazante/baía.

Diversos estudos foram realizados sobre: Análise da Estrutura pedológica, Análise da Oscilação do Lençol Freático, Estudo Sazonal da Microclimatologia, Características Geoquímicas dos Solos e da Circulação da Água, gerando publicações em Encontros, Simpósio e Congressos em âmbito Local, Regional, Nacional e Internacional como: "Características Geoquímicas dos Solos Relacionados à Organização Pedológica e à Circulação da Água (Fazenda Nhumirim da EMBRAPA, Nhecolândia, MS)" e "Geoquímica das Águas de Superfície e dos Lençóis Freáticos da Nhecolândia, Pantanal de Mato Grosso, MS, Brasil", apresentados no Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal (SIMPAN) em 2000 – ou foram publicadas em revista – "Geochemistry of water and groundwater in the Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso, Brazil: Variability and associated processes" (WETLANDS). Mais recentemente, foram apresentados diversos trabalhos no IV SIMPAN, realizado em Corumbá, MS, 2004 – "Abordagem Metodológica para o Estudo de Lagoas e Salinas do Pantanal da Nhecolândia, MS: Fazenda São Miguel do Firme"; "Mapeamentos de Solos Salinos – Pantanal da Nhecolândia, MS: um método cartográfico"; "Oscilação Sazonal do Lençol Freático no Entorno da Lagoa Salina do Meio, Pantanal da Nhecolândia (MS)"; "Morfologia do Solo de Três Toposseqüências na Área da Lagoa Salina do Meio, Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS"; "Microclima no Pantanal da Nhecolândia, MS: lagoa salina da Fazenda Santo Inácio e lagoa salina da reserva na Fazenda Nhumirim/Embrapa – CPAP" e "Ficoflora do Pantanal da Nhecolândia, MS – Brasil: um levantamento preliminar em três lagoas

salinas e uma salitrada” - e no Congresso de Geoquímica, realizado em Búzios, RJ, 2004 – sobre o arsênio no Pantanal – e um relatório de final de curso de graduação à Universidade de Marselha sobre a determinação de fluoreto em lagoas do Pantanal.

Alem das várias linhas de pesquisas citada acrescentamos este trabalho em questão sobre o mapeamento da condutividade eletromagnética do solo em áreas com a presença de indicadores de salinidade.

Nossa proposta baseia-se na apresentação de uma metodologia de estudo, por meio do método geofísico com o aparelho EM38 para aquisição de dados de condutividade eletromagnética do solo da área de estudo, constituída pela a área do banhado (baía/vazante) e pelas lagoas salina e salitrada, mediante do estudo da morfologia da cobertura pedológica, para mapear a organização espacial da salinidade e suas relações com o ambiente. Leva-se em conta a importância do conhecimento da gênese de formação destas unidades da paisagem para o desempenho das atividades fundiárias e turísticas da região, que evitem agressões e danos para ambientes considerados frágeis como é o caso do Pantanal da Nhecolândia.

Neste quadro, a hipótese é verificar se existe uma relação genética em termo de desenvolvimento do sistema pedológico entre lagoa de água ácida, água salobra e lagoa salina.

Este trabalho tem como objetivo estudar a organização do sistema de solos nessas três situações, para entender melhor alguma possibilidade de relação genética entre os diferentes tipos de lagoas e mapear a organização espacial da salinidade no solo, em ambientes diferentes, que apresentam pH da água diferenciado, relacionando às seguintes variáveis de salinidade:

- a.** mostrar e caracterizar a salinidade no solo em seus diversos horizontes e compreender a sua dinâmica no perfil;
- b.** correlacionar a distribuição espacial da salinidade no solo com a oscilação do lençol freático; e
- c.** investigar a influência da distribuição espacial da salinidade no solo com a cobertura vegetal;

A área de estudo localiza-se na Fazenda Nhumirim EMBRAPA/CPAP, possui 4.310 ha, entre as coordenadas de 18° 56' S – 19° 02' S e 56° 35'W –

56° 41' W e parte da Fazenda Campo Dora. Esta área encontra-se na parte sudoeste do Pantanal da Nhecolândia, no município de Corumbá, Mato Grosso do Sul, (Figura 1).

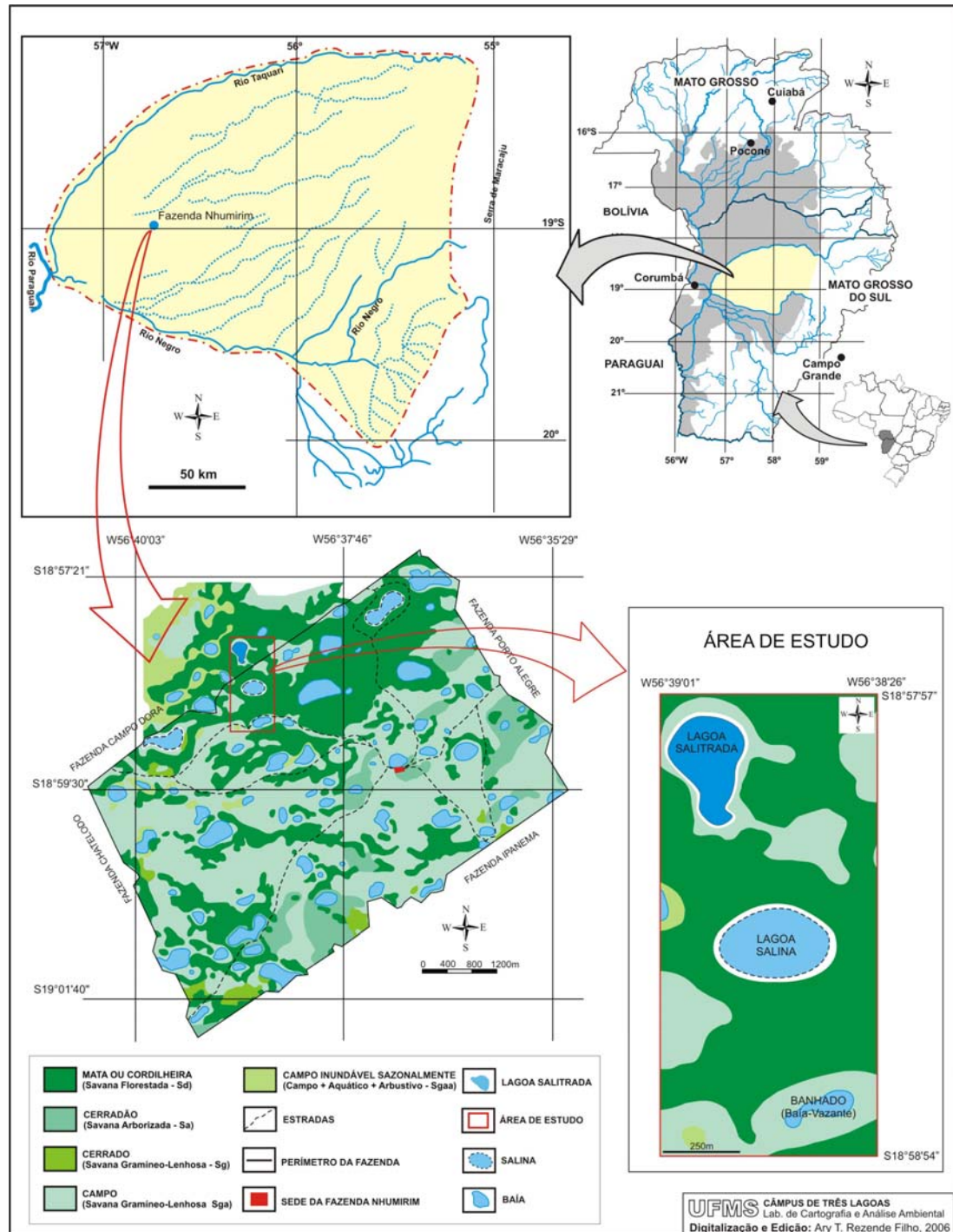


Figura 1 – Localização da área de estudo.

1.1 Área de estudo.

A área de estudo localiza-se na Fazenda Nhumirim EMBRAPA/CPAP, possui uma área de 4.310 ha entre as coordenadas de 18° 56' S – 19° 02' S e 56° 35' W – 56° 41' W, e estende-se, parcialmente, na Fazenda Campo Dora, no compartimento da “Baixa Nhecolândia”, no sudoeste do Pantanal da Nhecolândia, no município de Corumbá, Mato Grosso do Sul.

Nessa porção do Pantanal, há um complexo de recursos naturais distribuídos em mosaicos, onde os principais elementos são as manchas de floresta semi-caducifólia ou “cordilheiras”, manchas de cerrado, cerradão e vegetação arbustiva esparsa, campos sazonalmente inundáveis e lagoas ou “baías” permanentes e temporárias. Somente na fazenda Nhumirim existem cerca de 100 corpos d'água no ciclo atual (Figura 2) (MOURÃO, 1989).

Estudos recentes vêm sendo feitos para compreender o funcionamento dos sistemas das três unidades distintas: “Cordilheira – Salina”; “Cordilheira – Lagoa Salitrada” e “Cordilheira – Vazante/Baia”. Apesar da proximidade espacial, esses três sistemas apresentam cobertura pedológica, distribuição da vegetação e características geoquímicas bastante diversas (BARBIÉRO et al, 2002).

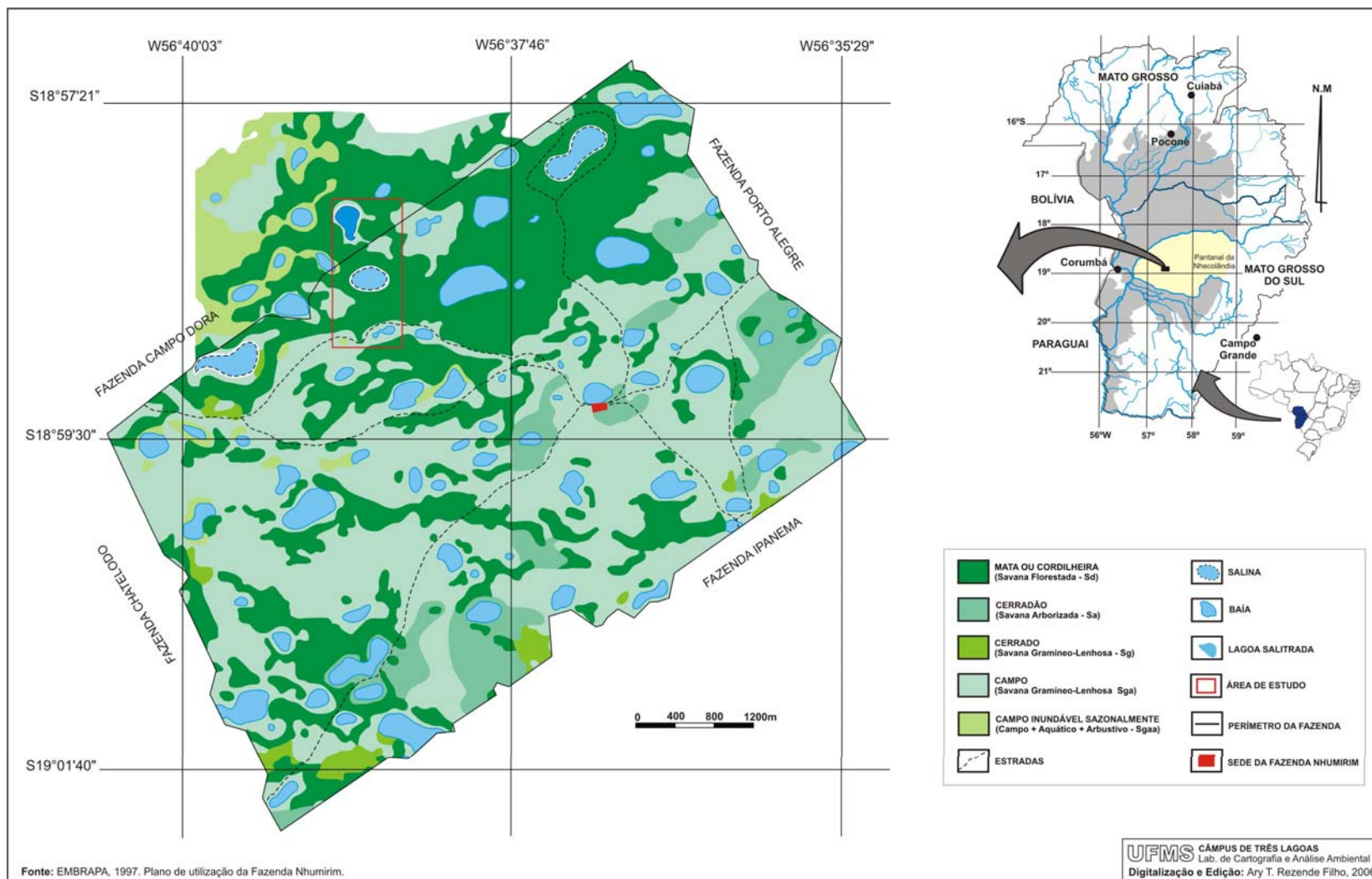


Figura 2 – Localização da área de estudo e mapa da Fisionomia da fazenda Nhumirim Embrapa Pantanal e parte da fazenda Campo Dora.

A área de estudo compreende o sistema “Baía/Vazante – Cordilheira – Lagoa Salina – Cordilheira – Lagoa Salitrada”. A Lagoa Salitrada encontra-se fora dos limites da Fazenda Nhumirim, na Fazenda Campo Dora e compõe área do sistema estudado (Figura 3).

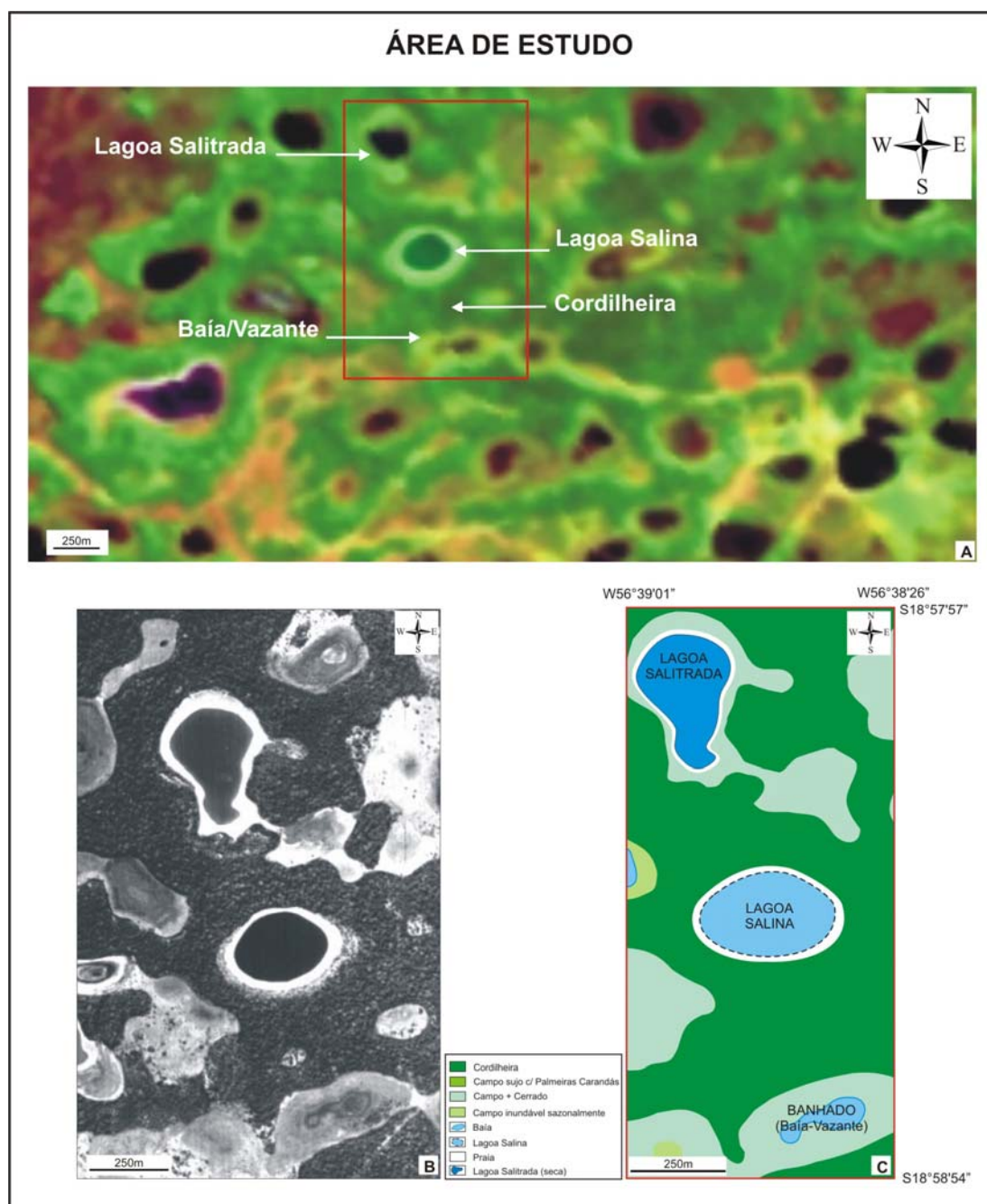


Figura 3 – Área de estudo – **A** Imagem de Satélite Landsat, 2001, **B** Fotografia Aérea ESAF, 1966 e **C** Mapa temático.

O sistema prospectado corresponde à Banhado (baía/vazante)¹ e seu entorno, numa área de aproximadamente 8 hectares, localizada a 18° 58' 46" S e 56° 38' 38" W, à Lagoa Salina e seu entorno, com área de aproximadamente de 12 hectares, localizada a 18° 58' 31" S e 56° 38' 49" W, à Lagoa Salitrada e seu entorno, com área de aproximadamente 18 hectares, localizada a 18° 58' 05" S e 56° 38' 59" W (Figura 3).

1 – Banhado (baía/vazante) apresenta como características particulares uma área suavemente deprimida com uma lagoa “baía” não salina de regime hídrico temporário (Foto 1). Apresenta, ainda, uma paisagem com a cobertura vegetal de campos limpos intercalados com campos sujos e uma concentração isolada de palmeiras carandás (*Copernicia alba*), com uma vegetação herbácea. A seqüência de vegetação desta unidade é compreendida por uma zona de campo encharcado/úmido com o predomínio das *ciperáceas*; uma zona de campo limpo com predomínio de gramíneas entre elas o capim mimoso (*Axonopus purpusii*); uma zona de campo sujo com predomínio de gramíneas e a presença de assa peixe (*Vernonia scabra*) e com uma concentração isolada de palmeiras carandás formando um pequeno capão de mato, circundado pelo campo sujo.



Foto 1 – A - Vista em detalhe da concentração das palmeiras carandás, **B** – Vista Panorâmica do Banhado (baía/vazante).

¹ **Baía/Vazante:** a baía é uma área levemente deprimida formando uma lagoa nas cheias e a vazante é uma área de escoamento de águas superficiais durante as cheias interligando as baías.

2 – Lagoa Salina tem como característica principal o teor elevado de sais na água, oscilando entre 8 e 12 a variação do pH.

Este ambiente é formado pelo corpo d'água, sua borda – sem cobertura vegetal e arenosa constituindo uma praia de areia fina cuja largura varia, conforme os períodos de cheias e secas – e uma faixa coberta de gramíneas entre a praia e a mata da cordilheira e um cordão de palmeiras carandás que se estende até o início da cordilheira (Foto 2).



Foto 2 – Vista panorâmica parcial da Lagoa Salina.

3 – Lagoa Salitrada esta lagoa representa uma transição quanto ao valor do pH da água, com alta concentração no período seco, pH acima de 7,5 e no período das chuvas, com pH abaixo de 7,5.

A paisagem deste ambiente em particular apresenta uma extensa cobertura de gramíneas que se estende da margem da lagoa até o início da cordilheira; ao sul da lagoa há presença da palmeira carandá (Foto 3) ao norte as palmeiras babaçu (*Orbignya phalerata*) (Foto 4).



Foto 3 – Vista da parte sul da lagoa salitrada ao fundo as palmeiras carandá.



Foto 4 – Vista da parte norte da lagoa salitrada ao fundo as palmeiras babaçu.

CAPÍTULO II

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nas Ciências da Terra que estudam as formações superficiais, encontra-se de um lado a geomorfologia e, do outro, a pedologia que mostra os caminhos para a compreensão das transformações da superfície da Terra. Os caminhos trilhados por elas nem sempre foram convergentes, por não terem o mesmo ponto de partida, procedimentos e objetivos comuns.

As formações superficiais são materiais que recobrem, parcialmente, a parte emersa da crosta terrestre, provenientes da alteração das rochas por intemperismo (físico, químico e biológico) e que podem ter sido remanejadas e/ou retrabalhadas sobre vertentes, superfícies de erosão, planícies fluviais e que testemunhariam processos pedogenéticos e morfogenéticos responsáveis pela evolução e dinâmica da superfície terrestre (QUEIROZ NETO, 2001).

As planícies de inundação em particular têm despertado os interesses na busca de conhecimento tanto nas áreas da geomorfologia, geologia como da pedologia, pois estas oferecem oportunidade para que possamos examinar os processos fluvial e histórico da evolução da paisagem, em uma escala local, permitindo assim a realização de análises das mudanças desses ambientes em resposta as condições climáticas e do uso e ocupação.

Parece paradoxal, de certo modo, que as planícies aluviais cujas formas não apresentam nenhuma expressão de movimentação da superfície do relevo interessaram primeiro aos geomorfólogos que foram buscar, bem antes, as explicações das mudanças climáticas e todas as outras condições ambientais registrados nos sedimentos. Enquanto a pedologia estava atrasada e o desenvolvimento da análise estrutural não contribuía para diminuir o déficit de conhecimento sobre as planícies, uma vez que as

análises foram desenvolvidas principalmente nas vertentes e não nas planícies de inundações.

Os geomorfólogos tiveram interesse em estudar as planícies de inundação, antes mesmo dos pedólogos. Isso pode mostrar o atraso da Pedologia no estudo detalhado deste tipo ambiente, uma vez que a metodologia clássica trabalhada pela Pedologia no estudo dos solos, foram realizadas de forma não sistemática.

Nessas áreas com topografia pouco contrastada, a organização do sistema pedológico não aparece facilmente, por isso há necessidade de desenvolver ferramentas que auxilie na compreensão deste tipo de sistema de solo.

Entretanto, o interesse da geomorfologia pela “forma” foi sempre por causa das introspecções realizadas sobre o ambiente e o processo. Assim, as planícies de inundação são importantes porque nos dão a oportunidade de examinar os processos fluviais e históricos ambientais, em uma escala local. Esses ambientes são repositórios para os sedimentos derivados das formas de relevo mais elevados, demonstram assim um grande potencial para analisar as mudanças da paisagem em resposta à variabilidade do clima e para estimar as implicações de futuras mudanças climáticas (KNOX, 2000 apud HUDSON, 2003).

Os interesses dos geomorfólogos estão voltados para as planícies de inundação contemporâneas e para os processos de formação que revelem os ambientes antecedentes. Os estudos são direcionados aos vales escarpados e o controle que exercem sobre os processos das planícies de inundação e quais são as influências na atividade do canal de drenagem (GUCCIONE et al. 2002 apud HUDSON, 2003), aos processos de inundação e sedimentação (LECCE, 1997 apud HUDSON, 2003), e aos próprios ambientes das planícies de inundação (SCHUMM et al., 2000 apud HUDSON, 2003).

Como os geomorfólogos, os pedólogos manifestaram interesses em estudar as planícies de inundação, investigando as mudanças na topografia, na textura e estrutura do solo, que são indícios que podem revelar as características e funcionamento de um sistema fluvial maior.

Nos últimos 70 anos da Pedologia, houve a evolução da compreensão do seu objeto de estudo, o solo, permitindo passar progressivamente da percepção da presença de organizações laterais à caracterização de sistema de transformação pedológica.

A concepção do perfil de solo, entendido como um conjunto de horizontes superpostos, representativos de uma área homogênea foi, em parte, superado pelo conceito de catena, de Milne (1934). Segundo o conceito de catena, os perfis verticais de solo sucediam-se numa vertente, ligados por relações genéticas, como os elos de uma cadeia. Com a introdução da noção de *pedon* no início da década de 1960, pelo Soil Survey Staff, o solo passava a ser considerado como um corpo tridimensional, entretanto cada unidade ainda era representada por horizontes verticalmente dispostos, ocupando certo volume no espaço, e o solo ainda era definido e constituído pela justaposição de perfis de solos verticais (QUEIROZ NETO, 1988).

A elaboração dos conceitos de catena e de *pedon* constituiu-se no fato mais importante para a evolução da compreensão dos fenômenos pedológicos por meio de pesquisas no campo da Cartografia, da gênese, evolução e comportamento dinâmico da estrutura pedológica.

Na década de 1970, pedólogos franceses, trabalhando na África e na Guiana Francesa, propuseram um novo procedimento de estudo dos solos, a **análise estrutural da cobertura pedológica**, ao longo de encostas, não mais procurando tornar o solo como um elemento representado por perfis verticais isolados, mas sim como um *continuum* que recobre toda a extensão das encostas. Deste modo a antiga proposta de Milne (1934) foi reencontrada, aperfeiçoada e superada nos trabalhos realizados e que levaram à percepção de que a cobertura pedológica era um sistema estrutural complexo (BOCQUIER, 1973, BOULET, 1978, BOULET et al., 1984 apud QUEIROZ NETO, 2001). A metodologia proposta foi introduzida no Brasil logo a seguir (QUEIROZ NETO et al., 1984, RUELLAN et al., 1984/1985, QUEIROZ NETO, 1988 apud QUEIROZ NETO, 2001).

O método busca observar o solo, não mais a partir de perfis isolados, mas como um meio contínuo, organizado e estruturado ao longo das

vertentes, permitindo assim avaliar os significados das diferenciações pedológicas ao longo das vertentes, além de verificar a importância da erosão geoquímica na evolução dos relevos e das planícies de inundação (QUEIROZ NETO, 2001).

A depressão pantaneira vem sendo preenchida por depósitos aluviais, aportados desde os divisores pelos rios que formam a bacia. Dentre as diversas particularidades daquele ambiente, uma se sobressai, que a morfologia comandada por processos fluviais que determinam as especificidades dos modelos resultantes em cada sub-região, influenciando, desse modo, diretamente as características dos solos e da vegetação.

Estudos realizados no Pantanal da Nhecolândia por Sakamoto (1997), empregando a análise estrutural da cobertura pedológica, mostraram um novo campo para o emprego dessa metodologia em planícies de inundação, com a perspectiva de analisar a relação entre o funcionamento hidrológico e o transporte de sedimentos em áreas planas.

Uma das dificuldades de trabalhar neste tipo de ambiente (no Pantanal) é a de encontrar os meios para elaborar um quadro da organização da estrutura pedológica em três dimensões, mediante elaboração de mapas de isovalores da cobertura pedológica, com base em análises realizadas em transectos que atravessem e revelem as organizações da estrutura pedológica.

A grande questão está na escolha do método e escala de trabalho considerando que para o mapeamento da cobertura pedológica em terceira dimensão há necessidade de uma investigação minuciosa da área de estudo, com demarcação de várias toposseqüências, para o cruzamento das informações da organização da estrutura pedológica, e com o emprego de tradagens e trincheiras que se revela um método muito trabalhoso.

O método geofísico de medidas de condutividade eletromagnética do solo, com acesso indireto, por meio de medidas rápidas de superfície sem provocar alterações no ambiente, com o emprego do aparelho EM38 (Geonics Ltd, Ontario, Canada), revelou-se um método bastante eficiente e prático, permitindo a aquisição muito rápida de informações, e podendo ser realizadas com várias densidades de pontos de medidas. As medidas

podem ser repetidas no tempo, permitindo, portanto, o acompanhamento da evolução da salinidade no solo. Este tipo de aparelho foi empregado na África Saheliana para mapeamento da salinidade em zonas agrícolas. (BARBIÉRO et al, 2001; LAPERROUSAZ et al, 1999; BARBIÉRO et al, 1998; ZANOLIN et al, 1997).

O Pantanal da Nhecolândia ocupa basicamente à parte sul do gigantesco leque aluvial do Rio Taquari, configurando fisionomia bastante típica. Neste leque aluvial, estão presentes três das principais unidades da paisagem local que são as ocorrências de cordilheiras, vazantes e as depressões circulares e semicirculares, localmente chamadas de baías e salinas. Segundo Morrison et al (2000), o Pantanal da Nhecolândia apresenta uma alta concentração de lagoas salinas. Foram identificadas aproximadamente 499 salinas nessa região.

A porção flúvio-lacustre do Pantanal da Nhecolândia é constituída de um grande sistema de lagoas, algumas delas alcalinas (salinas) outras pouco concentradas (baías), e apresentam variações dos elementos da paisagem em curtas distâncias não mais de 1000m, a exemplo da seqüência de ambientes baía – cordilheira – salina – cordilheira – salitrada, que estão sob as mesmas influências climáticas, porém respondem de formas diferenciadas: as baías apresentam águas com baixa concentração de sais, as salinas com alta concentração de sais e as lagoas salitradas, com concentração de sais ocorre conforme as variações sazonais.

Estudos realizados por Barbiéro et al mostraram que a variabilidade química é resultante dos processos atuais de evaporação e concentrações das águas. Esses processos seriam responsáveis pelas diferentes mineralizações que engendram a diferente fácies química observadas na região e corresponderiam a um equilíbrio atual (BARBIÉRO et al, 2000; BARBIÉRO et al, 2002), dos fluxos d'águas nos processos de evolução e transformação da estrutura da cobertura pedológica e da paisagem.

O entendimento desses ambientes deve ser pesquisado na ótica da gênese da formação da estrutura pedologia, associado ao funcionamento hidrológico entre as diferentes unidades da paisagem: baía–salina–salitrada.

A concepção de paisagem como referencial teórico-metodológico tem nos permitido realizar estudos em diversos temas geográficos. À busca de uma visão integrada da paisagem, ou seja, da relação sociedade e natureza nos levou ao conceito de geossistema.

O geossistema é um conceito complexo e ao mesmo tempo dinâmico, mesmo num espaço-tempo muito breve. O clímax está longe de ser realizado, porém o potencial ecológico e a ocupação biológica são dados instáveis que variam tanto no tempo como no espaço. Trata-se, portanto de uma unidade de paisagem, cuja individualidade é conferida mais por sua dinâmica comum do que pela homogeneidade fisionômica (BERTRAND,1972).

O primeiro aspecto a destacar é o potencial ecológico e a exploração biológica da região, antes de expor as unidades paisagísticas que as configuram, É necessário a definição e delimitação das mesmas em função dos critérios que resultam da adaptação da metodologia e taxonomia.

Bertrand (1972) ressalta que para individualizar as Regiões Naturais, assim como as demais unidades superiores (Domínio e Zona), devem-se utilizar critérios estruturais ou climáticos.

Entendemos que a paisagem "física", inicialmente presente no Pantanal Sul-Mato-Grossense, apresenta uma dinâmica ambiental, muito claramente, com várias unidades paisagísticas. Assim, a decomposição do todo espacial em suas partes em unidades elementares, tem como fim compreender as "descontinuidades objetivas da paisagem", como propôs Bertrand (1972).

No entanto, no presente estudo, a definição das "unidades básicas" será estruturada na dinâmica atual. Conforme Tricart (1977), *"a paisagem é uma porção perceptível a um observador onde se inscreve uma combinação de fatos visíveis e invisíveis e interações as quais, num dado momento, não percebemos senão o resultado global"* (TRICART, 1977: 9).

Segundo Monteiro (1996), algumas dificuldades em transpor ou aplicar o modelo geossistêmico de Bertrand, como síntese da paisagem, em nosso país é dada pela sua estruturação/organização territorial. *"Esta limitação aparece, conseqüentemente, na morfologia espacial, quando*

guiado, por este referencial teórico, se atinge a estrutura dos geossistemas”. Mas aqui o problema de integração antrópica nos geossistemas deve ser considerado. (MONTEIRO, 1996, p. 81-82).

Para a compreensão da sub-região do Pantanal da Nhecolândia, optamos pela definição de unidades, obedecendo ao critério adotado pelo RADAMBRASIL, 1982a, definindo as unidades que se diferenciam basicamente em função das configurações na paisagem da sub-região formada por baías, salinas, cordilheiras, vazantes e campos limpos.

Portanto, a partir desse critério a paisagem é um fragmento da configuração territorial, que se caracteriza pela organização de vários sistemas compostos por unidades ambientais de dada porção do espaço geográfico, tal como acontece no Pantanal da Nhecolândia.

Por se tratar de um sistema compreendido por três unidades diferenciadas da paisagem (baía, lagoas salinas e salitrada), procuramos entender a gênese de formação de cada ambiente em função da configuração do solo, através da variável da condutividade elétrica no solo, da delimitação das áreas que apresentam alta concentração de salinidade, o que nos permite fazer uma co-relação entre a salinidade – sistema pedológico – cobertura vegetal – mostrando os indicadores necessários para identificar as áreas com concentração de salinidade.

2.1 Do mito à realidade

2.1.1 A história

Segundo Schwenk (1998 apud BITTENCOURT ROSA, 2004), os exploradores espanhóis foram os primeiros que atingiram a região do Pantanal, quando procuravam o caminho fluvial a partir de Assunção até as regiões de ouro e prata dos Andes, tentando evitar as selvas secas e a vegetação arbustiva espinhosa do Gran-Chaco. Esses desbravadores somente conheceram os rios com as margens inundadas, dando a eles a convicção da existência de uma imensa área de lagos e pântanos, cuja denominação “Mar de Xaraiés” foi registrada na cartografia da época.

As primeiras viagens pelo Pantanal Mato-Grossense, em meados do século XVI, conforme um histórico apresentado por Moura (1943), mostrou

que a região do Pantanal é considerada uma planície inundável, tendo recebido do primeiro historiador, Schmidel, 1555, a denominação de Mar de Xaraiés. Esta idéia permaneceu até as primeiras décadas do século XIX, quando essas regiões alagadiças ou “Pantanais” que circundam as planícies fluviais começaram a ser estudadas (BITTENCOURT ROSA, 2004).

Entretanto, ainda em 1927, o pensamento de floresta pantanosa aparecia nos resultados de estudos em enciclopédias e atlas europeus, e no ano de 1948 a denominação de “Mar de Xaraiés” foi substituída pelo termo Pantanal (SCHWENK, 1998 apud BITTENCOURT ROSA, 2004), denominação também imprópria, uma vez que não se trata de uma região permanentemente alagada e muito menos de um pântano, como o nome pode sugerir.

Alguns estudiosos, segundo Moura (1943 apud BITTENCOURT ROSA, 2004), idealizaram o Pantanal como constituindo um mar interior, de lagoas das quais as salinas seriam vestígios.

2.1.2 Uma paisagem eólica e a origem da salinidade.

Enquanto alguns autores discutiam a origem do Pantanal se era ou não um antigo mar, outros levantavam hipóteses sobre a formação do Pantanal e a presença de salinidade nesse ambiente.

A paisagem do Pantanal da Nhecolândia é formada por um mosaico de campos inundáveis, circundado por cordilheiras cobertas de cerrados e matas, drenagem anostomosada e intermitente de rios, corixos e vazantes e um sistema de lagoas permanentes e temporárias, denominadas localmente de “baías e salinas”.

As regiões onde se concentram as “salinas” no Pantanal eram interpretadas como evidências de que, até o início do Quaternário, a planície de nível de base corresponderia ao fundo de um antigo mar.

Uma das maiores incógnitas do Pantanal é a origem da salinidade, que vem sendo pesquisada ao longo do tempo. A pesquisa deste tema é importante para explicar aspectos referentes à estrutura da paisagem de um ambiente tão complexo, bem como da sua dinâmica atual.

Três feições presentes no leque do Taquari deram, ao longo dos anos, suporte à hipótese de atuação de processos eólicos, que têm servido de base a formulações com certo impacto na literatura internacional. A existência de lençóis de areia com características granulométricas (bimodalidade) indicadoras de deposição eólica, bem como a existência de lagoas de água salobra (“salinas”), foram interpretadas como baixios de deflação eólica e identificação de amplas zonas com feições lineares em imagens de radar do Projeto Radambrasil, interpretadas como dunas e campo de dunas (SOARES et al., 2003).

As primeiras considerações sobre a região do Pantanal Mato-Grossense ou Mar de Xaraiés, como era denominado, devem-se a Smith (1884) e Evans (1894). Para Smith (1884) a deposição dos sedimentos do Pantanal Mato-Grossense se processou em área essencialmente continental, sem influência marinha. Evans (1894) cita a presença de camadas com caramujos do gênero *Ampullaria*, aparentemente, das mesmas espécies que habitam os atuais pântanos, nas margens dos afluentes do Rio Paraguai (SMITH 1884 e EVANS 1894 apud GODOI FILHO, 1986).

Para Cunha (1943), as lagoas salinas, no entanto seriam lagoas alcalinas, em um processo mais complexo de concentração química de CO^3Ca , decorrente da decomposição de rochas alcalinas, com posterior carbonatação, descartando a possibilidade da reação do tipo NaCl (resquícios marinhos). As análises efetuadas pelo referido autor mostraram que as águas das salinas são alcalinas, mas contêm, além do cloreto de sódio, outros sais, como sulfatos e bicarbonatos, que incluem essas águas entre as “sodas naturais”, mas excluem a hipótese de terem tido como origem a água do mar.

Segundo Almeida (1945: 103), as areias limpas e bimodais (finas a médias) presentes na área da Nhecolândia foram objetos de retrabalhamento eólico:

Todavia na região é visível que os depósitos aluviais, na sua maioria, foram construídos, ou ainda o estão sendo, pelos rios recentes, durante o atual ciclo geomórfico, o mesmo devendo ser dito dos sedimentos eólicos das partes altas da Nhecolândia. Os depósitos que hoje se constituem

na região são todos de natureza muito fina, areias finas ou siltes, com porcentagem variável de matéria orgânica. Um característico dominante em todo este material é o arredondamento dos grãos de quartzo, que atinge mesmo os de diâmetro inferior a 0,15 mm. Compreende-se tal fato se não perdermos de vista a natureza da província distributiva, em grande parte constituída de sedimentos arenosos de origem eólica (série de São Bento). Isto dificulta discernir certos depósitos eólicos atuais dos fluviais.

Para Almeida (1945: 23), a existência de uma lagoa foi formada pela obstrução de vale fluvial por areias de dunas eólicas:

Observou o autor na fazenda Campinas um aspecto que talvez venha lançar luz sobre o interessante problema da gênese dessas baías. Um pequeno vale que terminava numa baía circular está inteiramente obstruído por uma barragem de dois metros de altura, situada em sua parte terminal, a montante dela tendo se formado um pequeno lago, do qual somente ações eólicas poderiam ser responsáveis.

Ao levar em conta a atuação do vento como agente geológico modelador de parte da paisagem pantaneira, Almeida & Lima (1959), sugeriram que processos de deflação eólica contribuíram para a gênese das lagoas da Nhecolândia.

Para Valverde (1972), as cordilheiras seriam as expressões morfológicas de antigas dunas eólicas formadas em condições desérticas pretéritas. Mas, como explicar se são umas lagoas salgadas, sendo porém a maioria de água doce? A única explicação aceitável é de que as “salinas” ocorrem em lugares onde houve concentração natural de sais no solo do antigo deserto. A água infiltrada nas camadas arenosas dissolve esses sais, e durante a estação seca pronunciada, precipita-os nas margens.

Segundo Tricart (1982), as áreas marginais às depressões de águas salgadas permanecem desnudas, apesar das condições climáticas úmidas atuais, em função do excesso de sais que inibem o desenvolvimento de plantas. Para Tricart, a deflação eólica do Pantanal é como nos pampas deprimidos (Rep. Argentina) com base na interpretação de imagens de satélite, que mapeou as principais áreas de atuação pretérita de processos eólicos, durante um período recente mais seco. A deflação eólica havia

escavado uma depressão fechada com ligeiros afundamentos da superfície dos solos, onde concentravam os sais e onde, em consequência, a cristalização dos sais provocava uma agregação da argila e, sobre tudo, dos limos finos. Os agregados cimentados por cristais de sal tinham uma granulometria de areias finas, o que torna fácil a deflação. Estas depressões são *sebkhas*, que provam um período de clima árido. Uma breve nota de Sanchez (1977 apud TRICART, 1982) *assinala a existência, em uma parte deste espalhamento do rio Taquari até Corumbá, a existência de pequenos cordões de 2 a 4,5 m de altura, ao redor destes canais: uma marca típica dos sebkhas* (TRICART, 1982).

Para Klammer (1982) há milhares de dunas longitudinais fósseis, orientadas nas direções NNE-SSW e NNW-SSE, segundo interpretação de imagens de radar. Evidência que predominaram paleoventos constantes de NNE e NNW e que *“o relevo do Pantanal é como o de um deserto posto sob influência de clima úmido”*. Klammer considerou que as lagoas se formaram em áreas interduna e as denominou, pela primeira vez, de *salt pans*.

Segundo Ab'Saber (1988), as lagoas teriam se organizado de um sistema contínuo de meandração, devido à presença de grandes massas de materiais clásticos grosseiros. Essas micromeandrações dos pequenos canais divergentes é que constituíam a drenagem do leque aluvial, sendo uma fase de forte migração dos cinturões meândricos, formando um sistema de lagoas de diferentes níveis de permanência, de formações circulares elípticas ou semi-ovais.

As águas lacustres provenientes dos cursos curtos, autóctones do leque aluvial, têm condições hidrogeoquímicas especiais; as lagoas interligadas nas cheias a corixos e ou canais meândricos descontínuos têm um tipo de natureza química; as lagoas totalmente isoladas em superfície, dependem da variação do lençol de água subsuperficial, controlada pela sazonalidade climática e hídrica, podendo funcionar como minibacias endorreicas, concentrando sais.

Existem muitos exemplos de áreas atuais submetidas à ação do vento que apresentam morfologias semelhantes, podendo ser encontrados nos trabalhos de Goudie (1991) e Goudie & Wells (1995). São áreas com

deficiência de areia disponível para o transporte devido a condições de nível freático alto, que é o nível de base para a deflação eólica. Nas depressões, devido à flutuação do freático, podem surgir corpos d'água efêmeros, que secam por evaporação. Por isso, tais depressões de deflação são referidas como *salt pans* na literatura internacional.

A partir de um reestudo bibliográfico da região da Nhecolândia, Soares et al. (2003) concluíram que é bastante consistente a interpretação de que existem na paisagem da Nhecolândia formas reliquias, produzidas por deflação eólica. Verificaram que muitas das formas, especialmente as lagoas isoladas (salinas), não podem ser explicadas por processos aluviais (ASSINE, 2004).

Em estudo recente sobre a geoquímica dos elementos maiores em amostra de água coletadas nas lagoas salinas, baías, vazantes, corixos e rios do Pantanal da Nhecolândia, verificou-se que a variabilidade química é resultante de processos atuais de concentração que ocorrem nas águas do lençol, passando de um ambiente geoquímico ligeiramente ácido a outro fracamente alcalino e concentrado que é o resultado da concentração das soluções pela ação da evaporação e da precipitação da calcita e de silicatos de magnésio.

Esses dois processos associados seriam responsáveis pelas diferentes mineralizações observadas que engendram a diferente fácies química observadas na região e correspondem a um equilíbrio atual (BARBIÉRO et al, 2000). A salinidade deve ser considerada como um processo atual e não como uma herança do passado, mudando o quadro das pesquisas ligadas à salinidade no Pantanal e abrindo novas vias de interpretação sobre o funcionamento do ambiente pantaneiro na Nhecolândia (BARBIÉRO et al, 2002).

CAPÍTULO III

3 CARACTERÍSTICAS CLIMATO-PEDOLÓGICAS DO PANTANAL MATO-GROSSENSE

O Pantanal é uma bacia sedimentar quaternária com área aproximadamente de 140.000 km², situada entre os paralelos 14° e 22° S e os meridianos 53° e 59° W, localizada na Bacia do Alto Rio Paraguai (Figura 4), na Região Centro-Oeste do Brasil. Trata-se de uma extensa área úmida (*wetland*), mundialmente conhecida pela sua grande biodiversidade.

No Pantanal Mato-Grossense, a dinâmica das águas está vinculada a fatores como declividade e descarga dos principais rios que atravessam a área, aliados ao regime climático, natureza dos solos e suporte geológico (RADAMBRASIL, 1982a).

Para compreender a origem e evolução da Bacia do Pantanal é fundamental levar também em consideração o desenvolvimento do relevo da Região Centro-Oeste do Brasil, pois o surgimento da Bacia do Pantanal e da Depressão do Alto Paraguai insere-se numa história evolutiva que remonta ao Terciário. Segundo Almeida (1965, p. 91):

A origem do relevo do sul de Mato Grosso deve ser buscada nos tempos cretáceos quando não existia a baixada paraguaia, mas sua área atual participava de uma região elevada que separava a zona andina da bacia sedimentar do Alto Paraná.

A geologia da Bacia do Alto Paraguai e redondezas foi descrita por Almeida (1945), Projeto Radambrasil (1982a e b), e Godoi Filho (1986), entre outros. As formações predominantes do Pré-cambriano Superior estão situadas sob extensos depósitos Quaternários, mas com significantes afloramentos rochosos. A evidência geomorfológica revela a presença de atividade tectônica substancial na forma de subsidência e sub-elevações (*subsidence/uplift*) (FREITAS, 1951; DNOS, 1974; ORELLANA, 1979; AB'SÁBER, 1988).

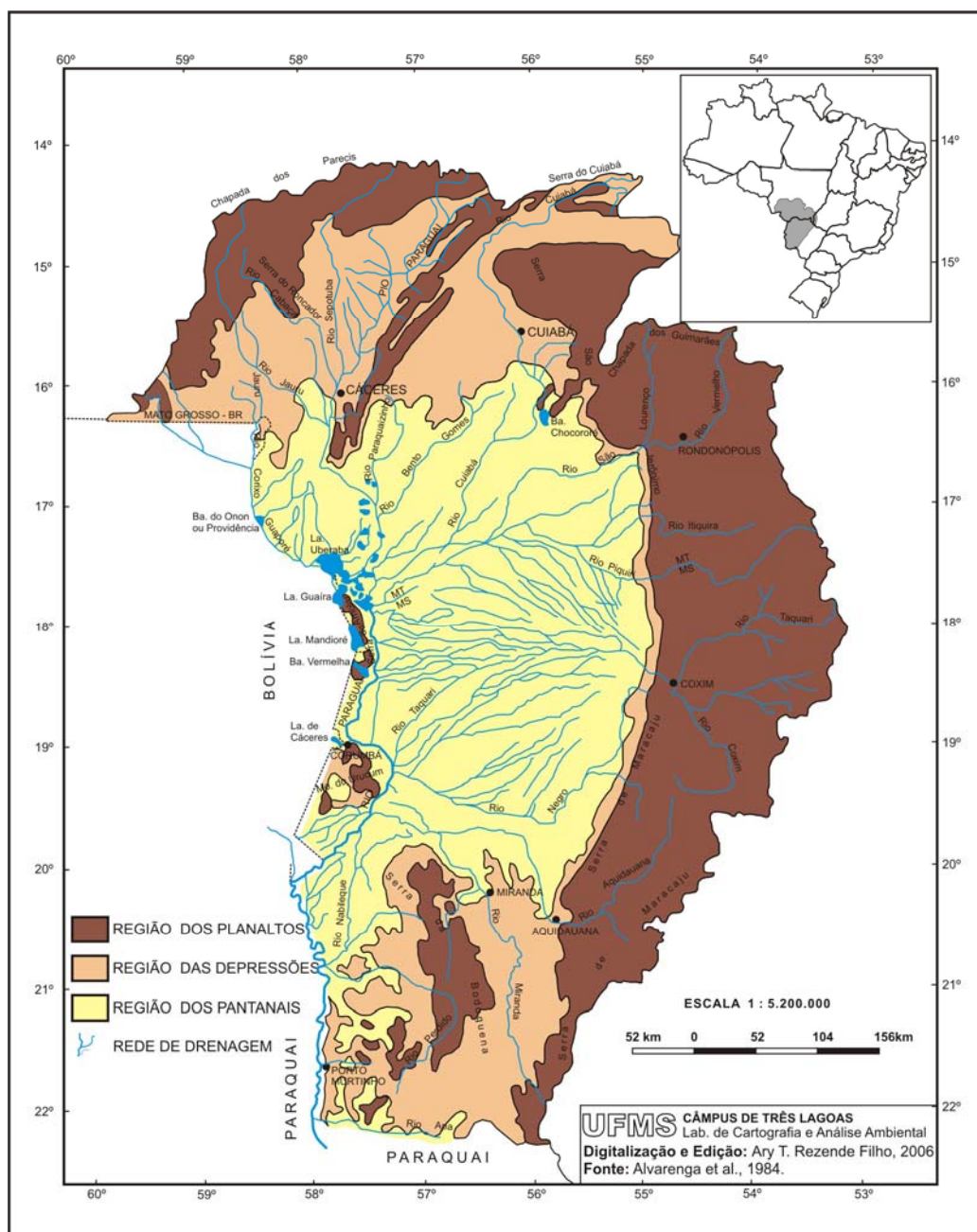


Figura 4 – Bacia do Alto Rio Paraguai.

As unidades estratigráficas que estão presentes na Bacia do Alto Paraguai: o Pré-cambriano Superior está representado pelos grupos Alto Paraguai, Corumbá e Jacadigo, e suas respectivas formações; o Paleozóico pela formação Coimbra; o Mesozóico pela formação Alcalina Fecho dos Morros; e o Cenozóico pelas formações Xaraiés e Pantanal.

Esses fatos confirmam que a Bacia do Alto Paraguai é basicamente controlada pela geologia local. Os sedimentos Quaternários da formação Pantanal são as mais óbvias feições da paisagem, em diferentes níveis nos

topos dos planaltos de Maracaju-Campo Grande e Taquari-Itiquira a leste, e os topos dos planaltos dos Parecis e dos Guimarães a norte. Possivelmente, a superfície constitua o assoalho da bacia agora coberto por depósitos aluviais cenozóicos da Formação de Pantanal, provenientes do Craton Brasileiro, tendo como barreira natural desta sedimentação o Rio Paraguai atestado pelo caráter tectônico da bacia do Alto Paraguai, descrito por Freitas (1951). Orellana (1979) afirmou que falhas ativas numa direção contrária ao do escoamento regional criaram (*soleiras*) locais que atuam no sentido de impedir esse escoamento.

Baseando-se nessas considerações, Freitas (1951) concluiu que a bacia do rio Paraguai transformou-se numa área de sedimentação somente após o Terciário, devido à subsidência numa estrutura de fossa tectônica.

A geologia deste ambiente é marcada pela sucessão estratigráfica que mostra afinamento textural para o topo e preenchimento essencialmente de siliciclástico. O trato de sistemas deposicionais é composto por uma extensa planície fluvial meandrante com pequenos lagos marginais, coletoras das águas de vários leques aluviais dominados por rios, dos quais o mais notável é o mega-leque do rio Taquari (ASSINE, 2004).

A tectônica é ativa e tem atuado na modelagem da paisagem do Pantanal, mudando os níveis de base de erosão e gradientes topográficos, assim como tem condicionado o curso do Rio Paraguai na borda oeste da bacia. Lineações de direção NE, associadas às estruturas do Lineamento Transbrasiliiano, indicam atividade tectônica sinsedimentar. A sedimentação atual ocorre principalmente na planície meandrante do Rio Paraguai e no lobo atual do mega-leque do Rio Taquari, áreas que experimentam forte inundação anual (ASSINE, 2004).

A percepção de que o Pantanal é uma bacia sedimentar atual derivou em grande parte do registro sedimentar de um poço perfurado para abastecimento de água na região da Nhecolândia, sul do mega-leque do Taquari, que permitiu verificar que a espessura dos sedimentos quaternários era de, no mínimo, uma centena de metros, conforme descrição de Almeida (1945, p. 104):

O subsolo da Nhecolândia é constituído por estratos horizontais de areias e argilas inconsistentes, o conjunto sendo bem apreciado nas Barrancas do rio Paraguai e seus afluentes. Nelas as camadas mostram-se planas e horizontais, às vezes com ondulações originais. Têm cor creme, cinza ou quase negra, raramente avermelhada, arroxeadas, verde, etc.; são constituídas de lâminas sub-milimétricas de material siltítico ou arenoso, e têm por vezes estratificação cruzada típica de corrente. A natureza das camadas mais profundas só pode ser conhecida pelo material retirado durante as sondagens feitas para pesquisa de água subterrânea. Nele encontramos seixos raros de minério de ferro das montanhas de Urucum. A espessura máxima, conhecida, desses depósitos, fornecida por poços para água abertos na fazenda Ranchinho, próximo do porto da Manga, é de 83 metros. Nesses sedimentos encontram-se restos de gasterópodos pulmonados que ainda hoje vivem na região.

A planície do Pantanal encontra-se embutida em uma unidade geomorfológica denominada Depressão do Alto Paraguai, que é circundada pelos planaltos de Maracaju-Campo Grande e Taquari-Itiquira a leste, Guimarães e Parecis ao norte, Urucum-Amolar a oeste e Bodoquena ao sul (Figura 5).

O posicionamento topográfico e as características geomorfológicas e hidrológicas fazem que o Pantanal exerça função reguladora do regime hídrico. O relevo é plano a parcialmente ondulado, apresentando uma altimetria variando de 80 a 200 m desde as margens do Rio Paraguai em direção à escarpa da serra. Além disso, o Pantanal apresenta algumas feições peculiares, em termos de drenagem, apresentando uma suave inclinação de leste para oeste, da ordem de 0,3 a 0,5 m/km, enquanto de norte para sul a inclinação varia de 0,03 a 0,15 m/km (Figura 6). Apresenta duas feições geomorfológicas distintas, as planícies e as áreas de acumulação inundáveis (**Apf** – planícies fluviais ou **Apfl** – fluviolacustres e **Aai 1** – inundação fraca, **Aai 2** – inundação média e **Aai 3** – inundação forte) e encontram intimamente relacionadas ao rio Paraguai e seus tributários. As áreas de acumulações inundáveis (Aai) situam-se em posição interfluvial em relação à drenagem de mais importância e apresenta uma drenagem anastomosada composta por “corixos”, “vazantes” e “baías” (RADAMBRASIL, 1982a).

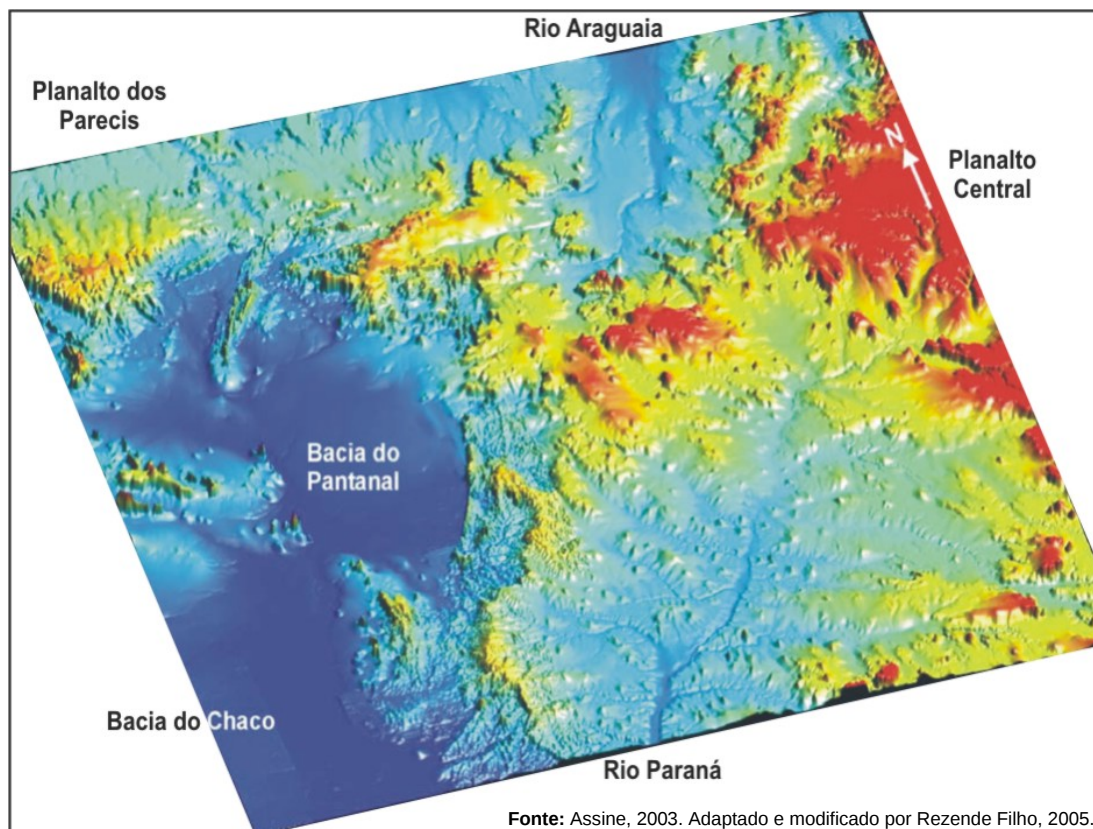


Figura 5 – Modelo digital do relevo (confeccionado a partir de dados digitais do terreno, USGS -Dtopo30). A Bacia do Pantanal é separada da Bacia do Chaco (situada no Paraguai) por uma estreita passagem no Planalto Residual do Urucum-Amolar, entalhada em terrenos pré-cambrianos (ASSINE, 2003).

São partes integrantes da planície pantaneira faixas de terras mais elevadas que as planícies e não sujeitas a inundações conhecidas como cordilheiras. A heterogeneidade morfológica do Pantanal permitiu diferenciar sub-regiões.

O Pantanal Mato-Grossense foi considerado um compartimento geomorfológico, denominado de "Planícies e Pantanaís", de acordo com a classificação proposta pelos técnicos do Radambrasil, 1982a. Entretanto, são usados diversos sistemas de classificação para dividi-los em sub-regiões geográficas.

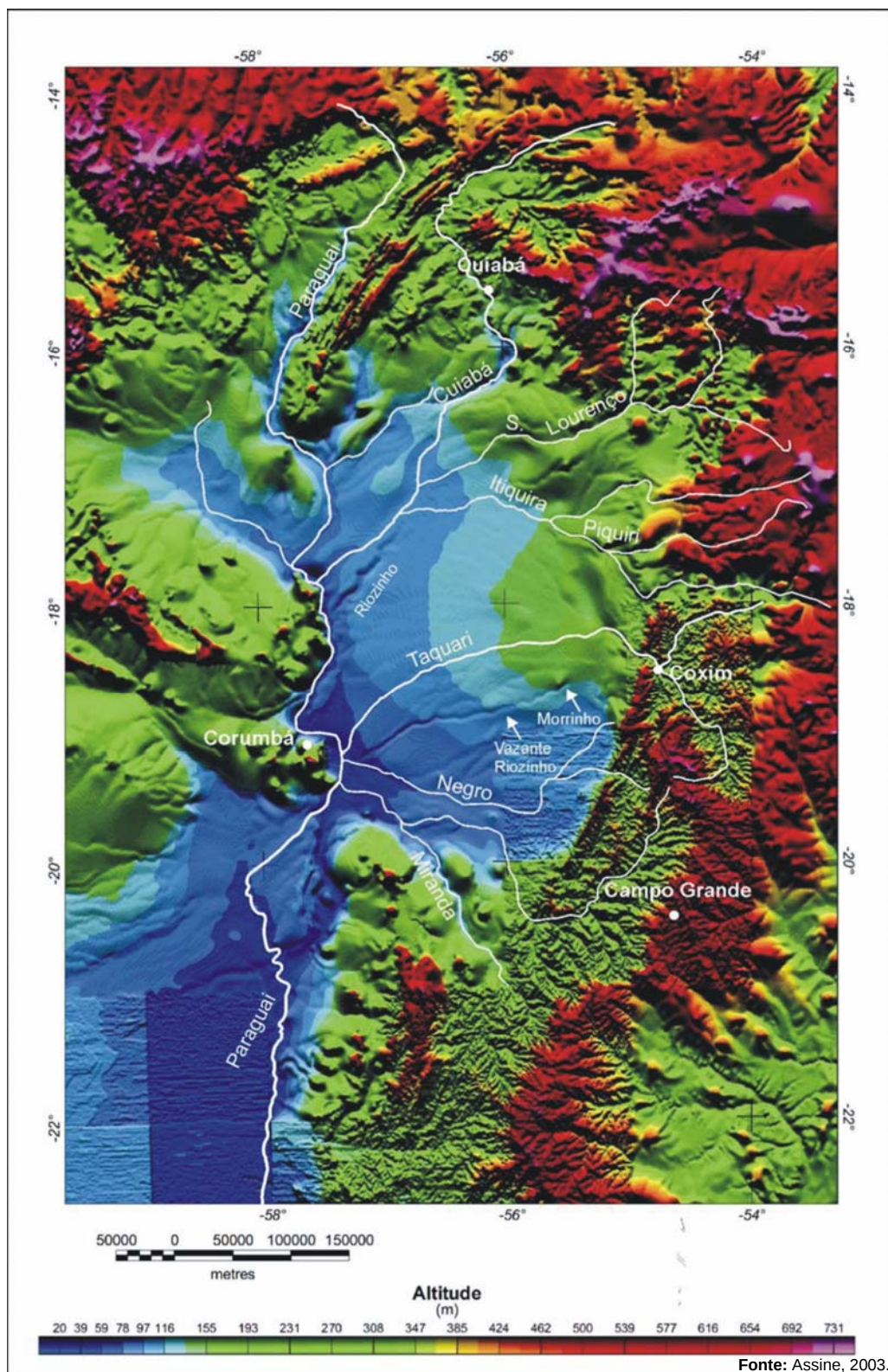


Figura 6 – Modelo digital (confeccionado a partir de dados digitais do terreno do USGS - Dtopo30). As altitudes são inferiores a 200m na Bacia do Pantanal (ASSINE, 2003).

Com base no caráter geomorfológico e nas características das inundações, o Pantanal foi subdividido em diferentes pantanais¹, subdivisões que refletem a compartimentação geomorfológica desta planície (ALVARENGA et al, 1984) (Figura 7).

Outras subdivisões do Pantanal foram propostas por (SILVESTRE FILHO & ROMEU (1974), GRAÇAS et al, (1974), EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES (1974) e ADÂMOLI (1982) *apud* ALLEM & VALLS 1987); o Pantanal é tradicionalmente dividido por zonas, limitadas pelos cursos d'água, pela natureza de sua ocupação histórica, conceitos emitidos por habitantes de longa data da região. Neste contexto, Silva e Abdon (1998) delimitaram as sub-regiões considerando alguns aspectos fisiomorfológicos – relacionados à inundação, relevo, solo, vegetação e geopolítica – participação estadual e municipal nessa região. Os materiais utilizados foram os estudos anteriores relacionados à delimitação fisiográfica do Pantanal, com auxílio de mapas municipais, dados estatísticos, cartas topográficas e imagens de satélite Landsat 5 TM, ambas na escala de 1:250.000, apoiados em trabalhos de campo. Foi proposta a delimitação no Pantanal de um conjunto de 11 sub-regiões² (Figura 8).

¹ O compartimento geomorfológico “Planícies e Pantanais” apresentam feições diferenciadas e foi subdividido em unidades homogêneas segundo o conjunto de informações fornecidas pelas imagens de radar, integradas aos solos, vegetação e litologia, levando em conta também a diversidade de fatores morfogenéticos (altimetria relativa, litologia e pedologia) e o grau de inundação (RADAMBRASIL, 1982a, p. 190 - 1). Foram delimitadas **12 unidades**: Pantanal do Corixo - Grande Jauru - Padre Inácio - Paraguai, Pantanal do Cuiabá Bento Gomes - Paraguaizinho, Pantanal do Itiquira, São Lourenço - Cuiabá, Pantanal dos Paiaguás, Pantanal do Taquari, Pantanal do Negro, Pantanal do Jacadigo – Nabileque; Pantanal do Miranda – Aquidauana; Pantanal do Tarumã Jibóia; Pantanal do Aquidabã; Pantanal do Branco - Amonguijá e Pantanal do Apa (Alvarenga, 1984, p. 141).

² Foram delimitadas **11 sub-regiões**: Pantanal de Cáceres, Poconé, Barão de Melgaço, Paraguai, Paiaguás, Nhecolândia, Abobral, Aquidauana, Miranda, Nabileque e Porto Murtinho (Silva e Abdon 1998).

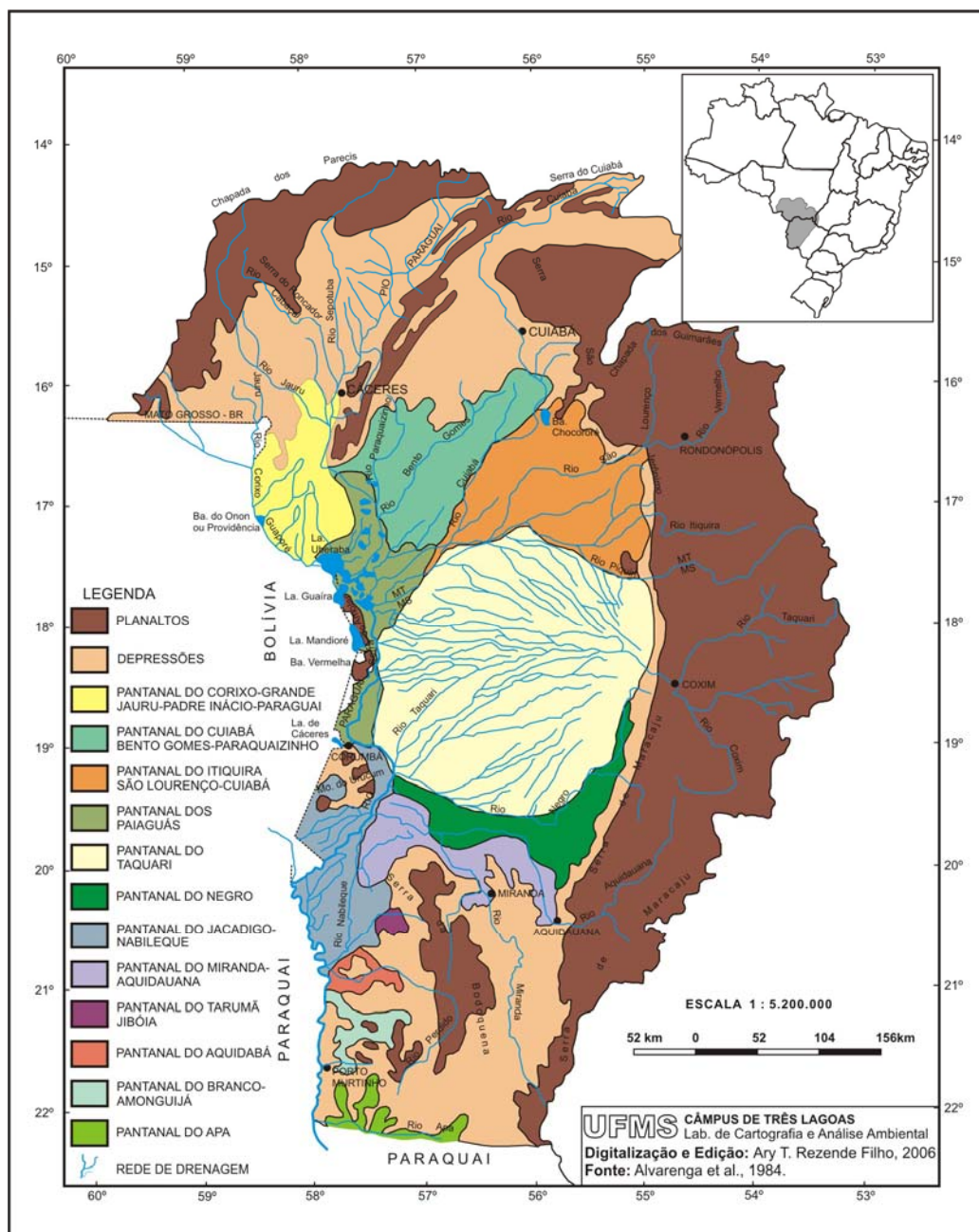


Figura 7 – Pantanais Mato-grossenses, segundo classificação RADAMBRASIL.

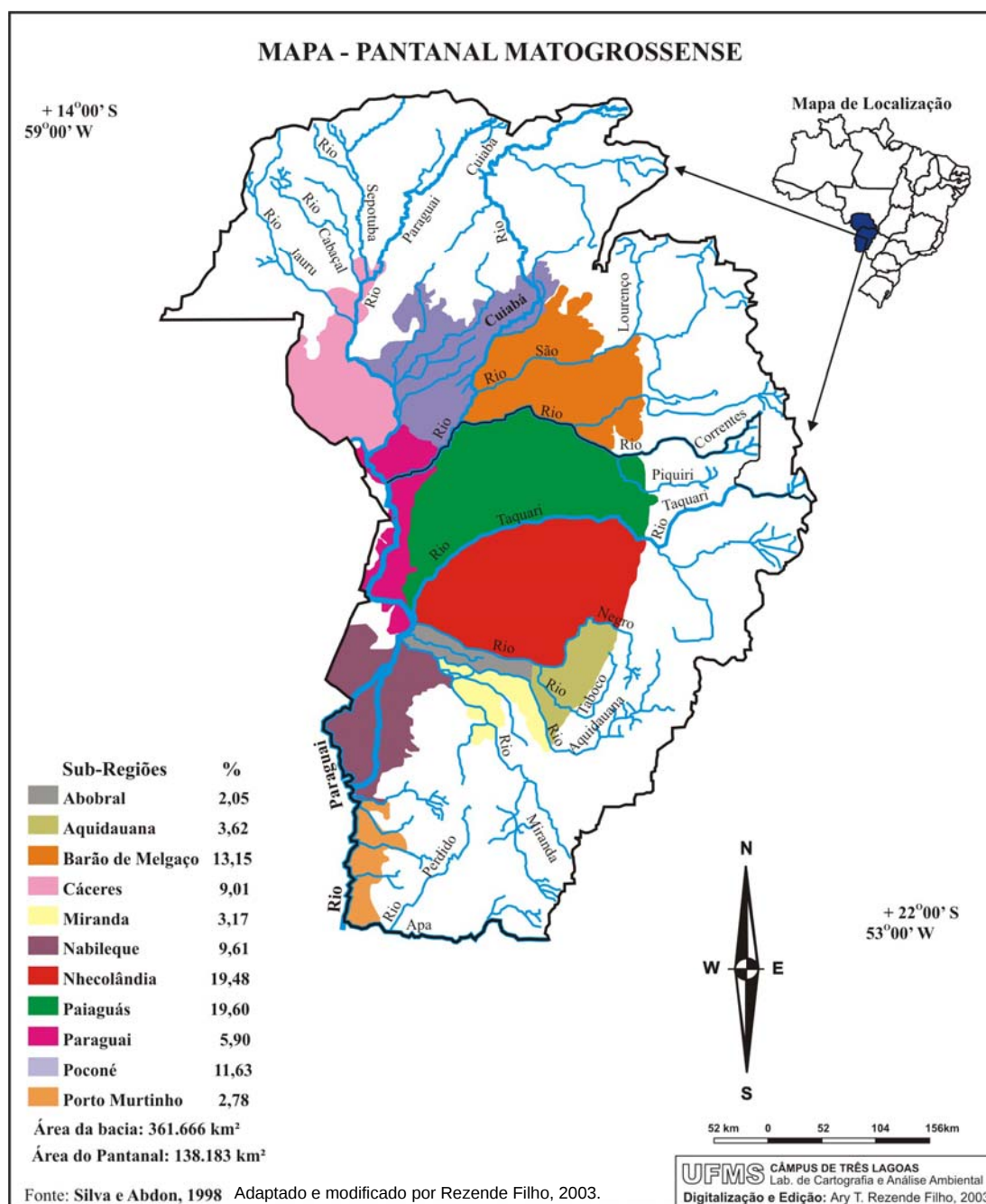


Figura 8 – Mapa das Sub-regiões do Pantanal conforme classificação de Silva & Abdon, 1998 com terminologia regional

O clima da área é do tipo quente com semestre seco no inverno (Aw, segundo a classificação de Köppen). O regime de chuva é tropical com duas estações bem definidas, estação úmida variando de outubro a março e estação seca abrangendo os meses de abril a setembro. A precipitação média anual é da ordem de 1.200 mm na área dos pantanais.

As condições hidrodinâmicas das planícies refletem em fases de deposição e/ou remoção. Assim a instabilidade das calhas aluviais é traduzida por migração do leito e formação de cordões aluviais observáveis nos diversos rios que compõem a Bacia do Paraguai.

Os solos do Pantanal são de origem sedimentar, recente ou sub-recente, ocorrendo em fases argilosas e arenosas, de forma alternada e descontínua. As áreas mais férteis correspondem à fase argilosa.

A vegetação que recobre o Pantanal é diversificada. O termo usado tradicionalmente para denominar essa cobertura vegetal é “Complexo Pantanal”, expressão que abrange diferentes fisionomias vegetacionais. Quem pensa que o Pantanal é pântano fica surpreso ao ver cacto e poucas epífitas. A vegetação é composta por uma mistura de campo inundável, vegetação aquática, capão, mata ciliar, cerrado, cerradão e floresta seca. A distribuição espacial desse mosaico depende de diferenças de níveis topográficos ou de características pedológicas (POTT & POTT, 2004).

Para compreender a diversidade fitogeográfica do Pantanal é preciso entender ainda um enfoque continental, porque o Pantanal se localiza numa área fitogeográfica de primeira magnitude, na qual convergem quatro das principais províncias fitogeográficas da América do Sul. Forma assim um mosaico de espécies resultantes da influência dos grandes biomas (Figura 9) que o circundam dos fatores edáficos e do regime hidrológico. Ao norte tem influência da Amazônia, a leste dos Cerrados, ao sul das Florestas Meridionais e a oeste do Chaco Boliviano e Paraguuaio. A sua maior ou menor expressão no Pantanal vai depender dos condicionantes ambientais atuantes localmente (ADÁMOLI, 1986).

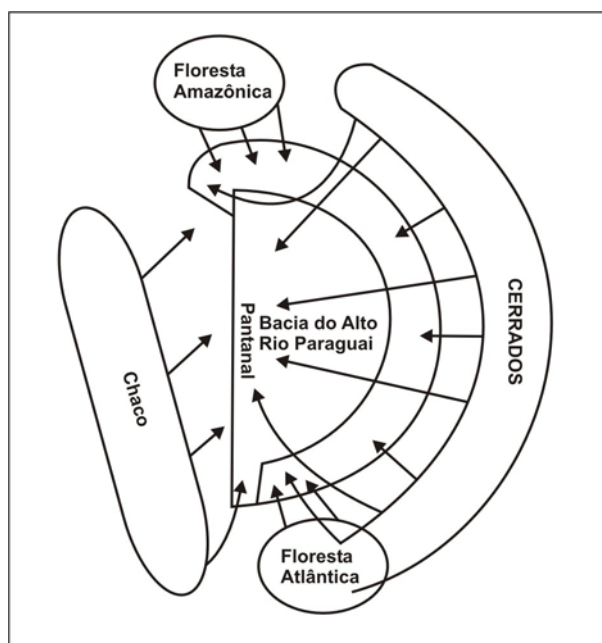


Figura 9: Bacia do Alto Paraguai. Províncias fitogeográficas e áreas de influências (ADÁMOLI, 1986).

A maior expressão fitogeográfica do Pantanal é a do Cerrado. O fato de existir uma alternância ou mosaico de fisionomias – Cerradão, Cerrados, Campos Cerrados, Campos, Campos inundáveis, Mata de galeria (Figura 10) – contribui para formação do complexo do Pantanal (COUTINHO, 1990).

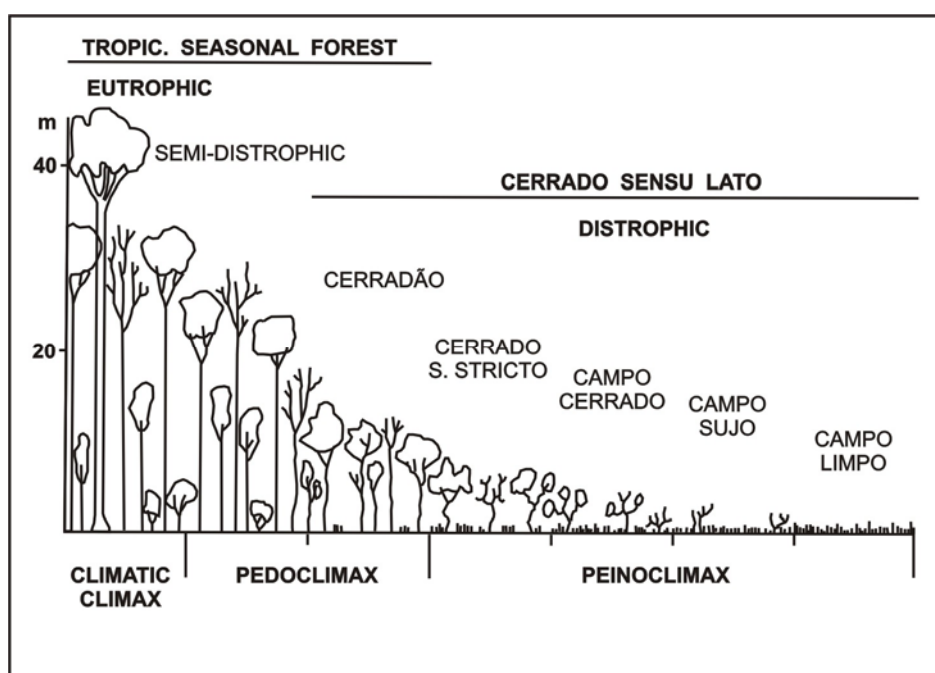


Figura 10: Sucessão vegetal para o Cerrado (COUTINHO, 1990).

Adámoli (1982) explica que o Pantanal está longe de ser uma comunidade de paisagem homogênea, pois apresenta uma heterogeneidade interna que, quanto à regulação local, é possível reconhecer a existência de diversos pantanais ou sub-regiões.

Seguem-se tipos de vegetação para melhor entendimento da formação fitogeográfica do Pantanal segundo Adámoli (1982):

- **Savana (cerrado):** definida como vegetação xeromórfica que ocorre predominantemente em solos arenosos das áreas alagáveis, de fisionomia caracterizada por fanerófitas de pequeno porte, isoladas ou agrupadas sobre um revestimento graminóide hemicriptófitico. Compreendem formações de Savana Arbórea Densa (Cerradão), Savana Arbórea Aberta (Campo Cerrado), Savana Parque (Parque de Cerrado) e Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo);
- **Savana estépica (vegetação chaquenha):** vegetação neotropical de cobertura arbórea estépica, pouco expressiva na região, caracterizada geralmente por plantas lenhosas, baixas e espinhosas, associadas a um campo graminoso, savanícola, geralmente em relevo plano. Está representada por fisionomias de formações Savana Estépica Arbórea Densa, Savana Estépica Arbórea Aberta, Savana Estépica Parque e Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa;
- **Floresta estacional semidecidual:** caracterizada por uma decidualidade parcial de suas espécies arbóreas em consequência de uma relação direta com as condições climáticas estacionais das áreas de domínio, se apresentando descontínua e restrita às florestas-de-galeria e a pequenas faixas de vegetação dos terraços, onde os solos são mais férteis. Consiste nas formações de Floresta Aluvial e Floresta das Terras Baixas;
- **Floresta estacional decidual:** de pouca expressão regional devido à descontinuidade existente entre suas pequenas áreas no Planalto dos Guimarães, Planaltos Residuais de Urucum-Amolar, Depressão do Rio Paraguai e extremidade sul da serra da Bodoquena. Assemelha-se à região fitogeográfica anterior, variando somente no seu grau de

estacionalidade climática, apresentando as formações Floresta das Terras Baixas e Floresta Submontana.

Segundo Silva et al. (2000), a distribuição da vegetação do Pantanal está dividida em 16 classes fitofisionômicas³. Destas, as mais abundantes são os campos cobrindo 31,1% do Pantanal, o cerradão (22%), o cerrado (14,3%), os brejos (7,4%), a mata semidecídua (4%) e a mata de galeria e baceiro ou batume (vegetação flutuante, 2,4% cada).

3.1 A Sub-região do Pantanal da Nhecolândia

O pantanal da Nhecolândia, localizado em grande parte no município de Corumbá-MS, limita-se ao norte e ao sul, respectivamente, com os rios Taquari e Negro, a leste com a escarpa da Serra de Maracaju e a oeste com o Rio Paraguai (Figura 11), ocupando basicamente a parte sul do gigantesco leque aluvial do rio Taquari, resultante dos derrames aluviais de natureza silício-arenoso, proveniente do planalto arenítico de Maracaju.

Essa sub-região observada através de imagens de satélite, fotografias aéreas e ou até mesmo de fotos panorâmicas (Foto 5) é facilmente identificável em relação às demais sub-regiões pantaneiras, em virtude de sua fisionomia ser bastante típica, caracterizada por apresentar baías, salinas, cordilheiras, vazantes e campos limpos.

Os sedimentos transportados e depositados pelo Rio Taquari, no período Quaternário, possuidor de uma dinâmica fluvial intensa, resultaram na formação de um leque de proporções gigantescas. A este leque aluvial estão vinculadas as três principais unidades da paisagem da Nhecolândia que identificam a ocorrência de cordilheiras, vazantes e depressões circulares e subcirculares, localmente chamadas de baías e salinas.

³ As 16 classes fitofisionômicas são: babaçual, baceiro ou batume (vegetação flutuante), brejo, buritizal, cambarazal, campo inundado, campo seco, canjiqueiral, carandazal, cerradão, cerrado, chaco, mata semidecídua, mata de galeria, paratudal e pirizal/caetezal.

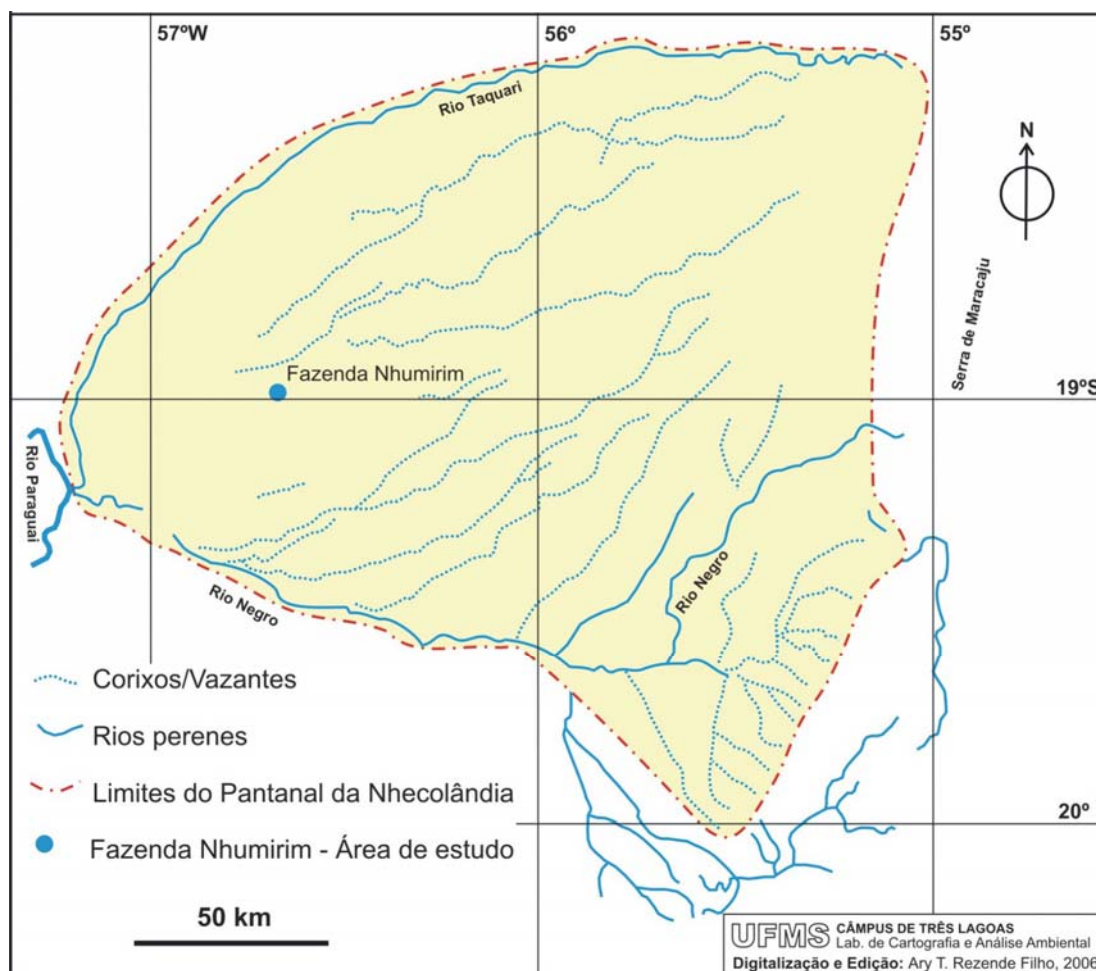


Figura 11 – Pantanal da Nhecolândia.



Foto 5: Vista aérea do Pantanal da Nhecolândia, (SAKAMOTO, 2001).

3.1.1 Particularidades da sub-região do Pantanal da Nhecolândia

3.1.1.1 Sistemas Geológicos

Os levantamentos geológicos regionais em áreas adjacentes à Depressão do rio Paraguai e em parte dela sob a denominação de Formação Pantanal, mostram os sedimentos colúvios-aluviais das áreas de inundações, bem como os depósitos aluvionários dos Pantanaís Mato-grossenses, distribuído de forma contínua na planície, estendendo-se por 400 km de extensão por 250 km de largura, sujeita a inundações periódicas.

Os sedimentos quaternários da Bacia do Alto Paraguai são descritos como sedimentos aluvionários do “pantanal”, depósitos de leques aluviais, de taludes e lateritas ferruginosas. Essas acumulações, que ocorrem nas áreas não inundáveis circunvizinhas, originaram-se sob condições climáticas distintas da atual provavelmente no Quaternário Antigo.

A Formação Pantanal é uma unidade litoestratigráfica de maior extensão na planície pantaneira. Foi subdividida em três unidades ou níveis de sedimentação, baseados em diferenças litológicas e estratigráficas (RADAMBRASIL, 1982a):

- **A Unidade Inferior Qp₁:** representa a planície aluvial antiga, com sedimentos de natureza arenosa e conglomerática, situado nas imediações das rochas pré-cenozóicas.
- **A Unidade Média Qp₂:** compõe a planície aluvial sub-recente e tem a maior área de distribuição. É formado por sedimentos predominantemente pelíticos e correspondem às áreas periodicamente inundáveis onde se distingue um nível de terraço alagável e outro geralmente emerso, as “cordilheiras”.
- **A Unidade Superior Qp₃:** é formada por aluviões recentes, arenosiltosas, associadas às calhas dos principais rios.

A espessura da Formação Pantanal é variável em função da irregularidade do seu substrato e não pode ser precisada, pois acha-se em processo de desenvolvimento, com acumulação de sedimentos até hoje.

Em pesquisas realizadas pela PETROBRÁS, com perfurações executadas na região pantaneira, obteve-se o conhecimento da espessura e natureza dos sedimentos quaternários. Na porção interna da depressão, não

foi encontrado o embasamento da seqüência quaternária e a perfuração mais profunda foi de 302,4 m.

Na sub-região da Nhecolândia no poço **SMst-1-MT** (Porto da fazenda São Miguel, à margem esquerda do rio Taquari, Lat. 18° 30' 57" S e Long. 56° 35' 00" W) foi perfurado 217,0 m passando apenas a seção aluvial sem atingir o embasamento e no poço **FFst-1-MT** (Retiro do Aguapé, fazenda Firme, distrito de Nhecolândia, Corumbá (MS). Lat 19° 08' 44" S e Long. 56° 57' 43" W) foi perfurado 182,0 m passando pelos sedimentos aluviais arenosos e atingiu calcário e argilitos ardosianos da "Série Bodoquena-Corumbá" (RADAMBRASIL, 1982a).

3.1.1.2 Leque aluvial

O termo leque aluvial (*alluvial fan*) têm sido usado para designar sistemas aluviais em que o padrão dos canais é mais distributário que contributário. Essa característica geomorfológica e hidrológica permite distingui-lo dos sistemas fluviais típicos, que apresentam padrão de drenagem predominantemente contributário. Leques aluviais são sistemas deposicionais em forma de leque aberto ou de segmento de cone, caracterizados por canais fluviais distributários de grande mobilidade lateral. Formam-se em planícies ou vales largos onde os rios, provenientes de relevos altos adjacentes, se espriam adquirindo padrão radial devido ao desconfinamento do fluxo (ASSINE, 2003).

Nos leques dominados por rios, canais permanentes se dividem numa rede de distributários. Desenvolvimento acentuado de barras e deposição nos canais reduzem a capacidade do rio transportar água, causando rompimento de diques marginais durante as cheias e avulsão do canal. Mudanças abruptas (*shifting*) de leito são muito comuns em decorrência desses processos, o que resulta na presença de centenas de canais abandonados na superfície do leque (ASSINE, 2003).

Um sistema de falhamentos em blocos, alguns antigos, reativados, determinou o substrato irregular da Formação Pantanal e as diferentes espessuras se fizeram com intensidades variáveis ao longo de toda a área abatida. Os soerguimentos e afundamentos colocam em evidência de efeitos

tectônicos e de subsidências recentes, indicando para essa última como exemplo, a pouca definição da foz do rio Taquari, ocasionando acumulações em forma de leque aluviais.

Os processos flúvio-morfológicos, predominantes no setor central a leste do Pantanal, são formados pelo grande leque aluvial do rio Taquari. Apresentam um caráter arenítico das altas bacias e os solos evoluídos sobre os sedimentos transportados pelos rios, apresentam uma textura marcadamente arenosa. Sobre esses solos, ácidos, distróficos, bem extensivamente drenados, instalam-se comunidades vegetais características dos Cerrados, salvo nas áreas que apresentam saturação hídrica durante vários meses do ano (ADÁMOLI, 1986).

O leque do Taquari que ocupa uma área aproximada de 55.509 km² apresenta aspecto bem preservado, como padrão distributário, que aparece nitidamente na imagem de satélite (Figura 12). Pode-se atribuir-lhe uma idade sub-recente, provavelmente neopleistocênica, que justifica o fato de que o atual rio Taquari está superimposto ao leque aluvial e elaborou uma faixa de aluviões holocênicas com cerca de 110 km de comprimento, que indica a sua origem maior na dominância da fração arenosa nos horizontes superficiais e sub-superficiais dos solos na área do leque, comparada com as áreas adjacentes (RANDABRASIL, 1982b).

Braun (1977) distinguiu o macro-leque aluvional do rio Taquari e reconheceu, na interpretação deste cone, diversas subunidades morfológicas. Segundo o autor, “o cone do Taquari resultou de um processo erosivo, violento e rápido no passado, dos materiais da parte alta da bacia deste rio e da conseqüente deposição, águas abaixo da escarpa do planalto” (Figura 13).

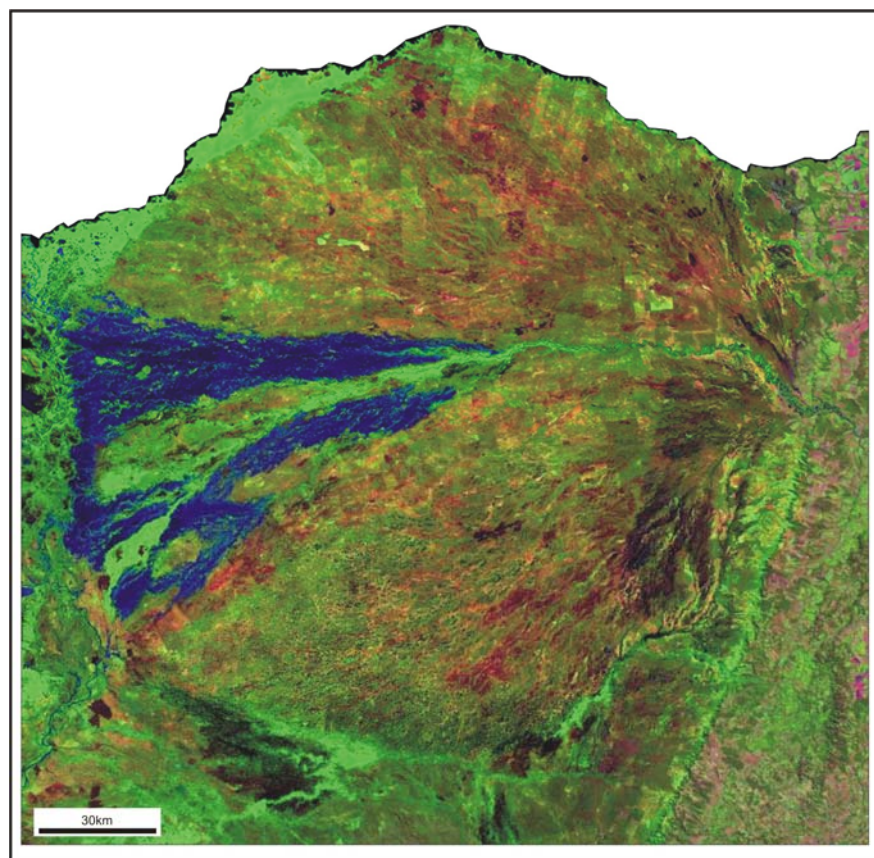


Figura 12 – Imagem de satélite do leque aluvial do rio Taquari, (Imagens Landsat 08/08/2001, Cd-Room Coleção Brasil visto do espaço).

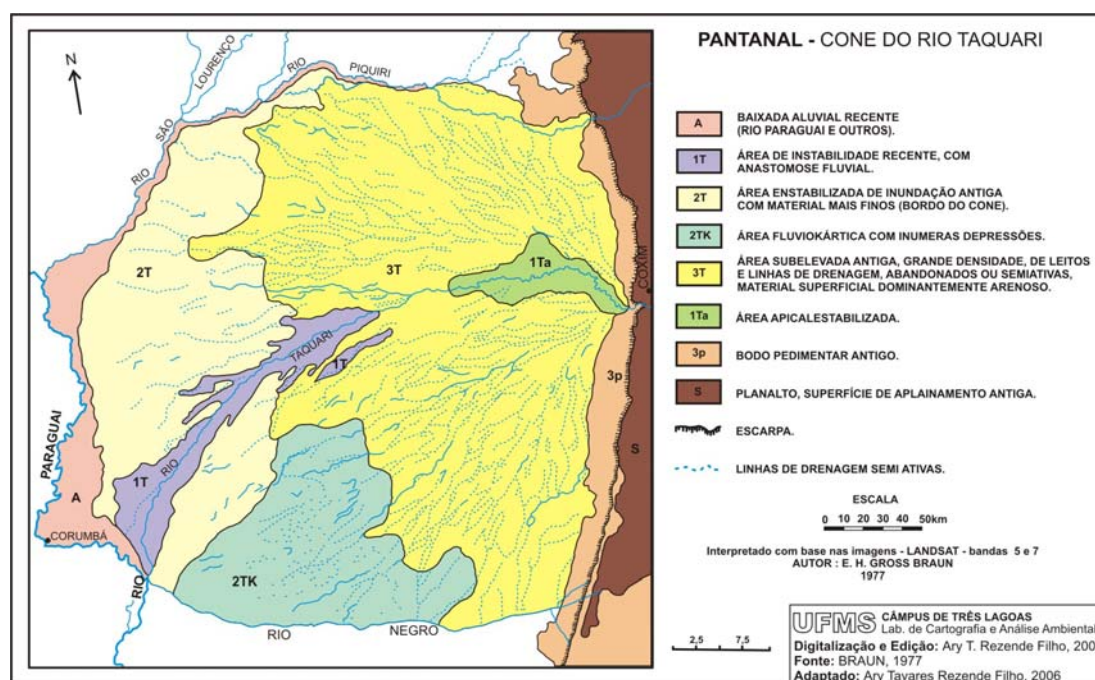


Figura 13 – O cone do rio Taquari segundo a interpretação de Braun, 1977.

3.1.1.3 Sistemas geomorfológicos

Em seus domínios, a unidade geomorfológica Planícies e Pantanaís Mato-Grossenses são caracterizadas por áreas periodicamente inundáveis, de topografia plana, com cotas altimétricas variando de 60-150 m e os gradientes topográficos são muito fracos, da ordem de 0,3 m a 0,5 m/km na direção E-W e de 0,03 m a 0,15 m/km, de N-S (FRANCO & PINHEIRO, 1982).

Esta vasta planície de acumulação de sedimentos fluviais e flúvio-lacustres são drenadas pelos tributários da margem esquerda do rio Paraguai e por ele próprio, que contorna a planície a oeste (W), formando uma drenagem assimétrica entre suas margens (SILVA, 1986).

O principal fator que controla as condições de escoamento é consequência do contato brusco existente entre as elevações e planaltos marginais e os terrenos planos da depressão. A fraca declividade da planície aluvial impede o escoamento das águas e freia o trânsito de materiais alógenos que se acumulam sobre os sedimentos mais antigos e, às vezes, dentro de calhas rasas como o do rio Taquari formando um grande leque aluvial (SILVA, 1986).

Os espraíamentos são inativos e recobertos de vegetação contendo marca de leitos abandonados, alternando com braços descontínuos, “vazantes” e “corixos”, colonizados por vegetação aquática. Esses braços defluentes e confluentes são alimentados por “baías”, ou por águas que saem do contato entre os flancos dos leques aluviais vizinhos, nos locais onde existe distinção de fácies dos sedimentos. As partes mais elevadas das acumulações, com poucos metros de altura, constituem as “cordilheiras”, as vezes, alcançadas pelas águas durante as enchentes excepcionais.

Segundo Fernandes (2000), o Pantanal da Nhecolândia apresenta-se, topograficamente, subdivido em seis compartimentos, porém consideramos três compartimentos associados a cotas topográficas gerais: alta e baixa Nhecolândia e uma área de transição (Figura 14). A alta Nhecolândia apresenta cotas acima de 100m, ora apresentando desníveis suaves a muito suaves; na baixa Nhecolândia, as cotas se apresentam inferiores a 100m, com desníveis muito suaves, correspondendo à porção com maior

concentração de baías e lagoas; e a zona de transição corresponde a uma faixa com desnível altimétrico variando de 120 a 140 m.

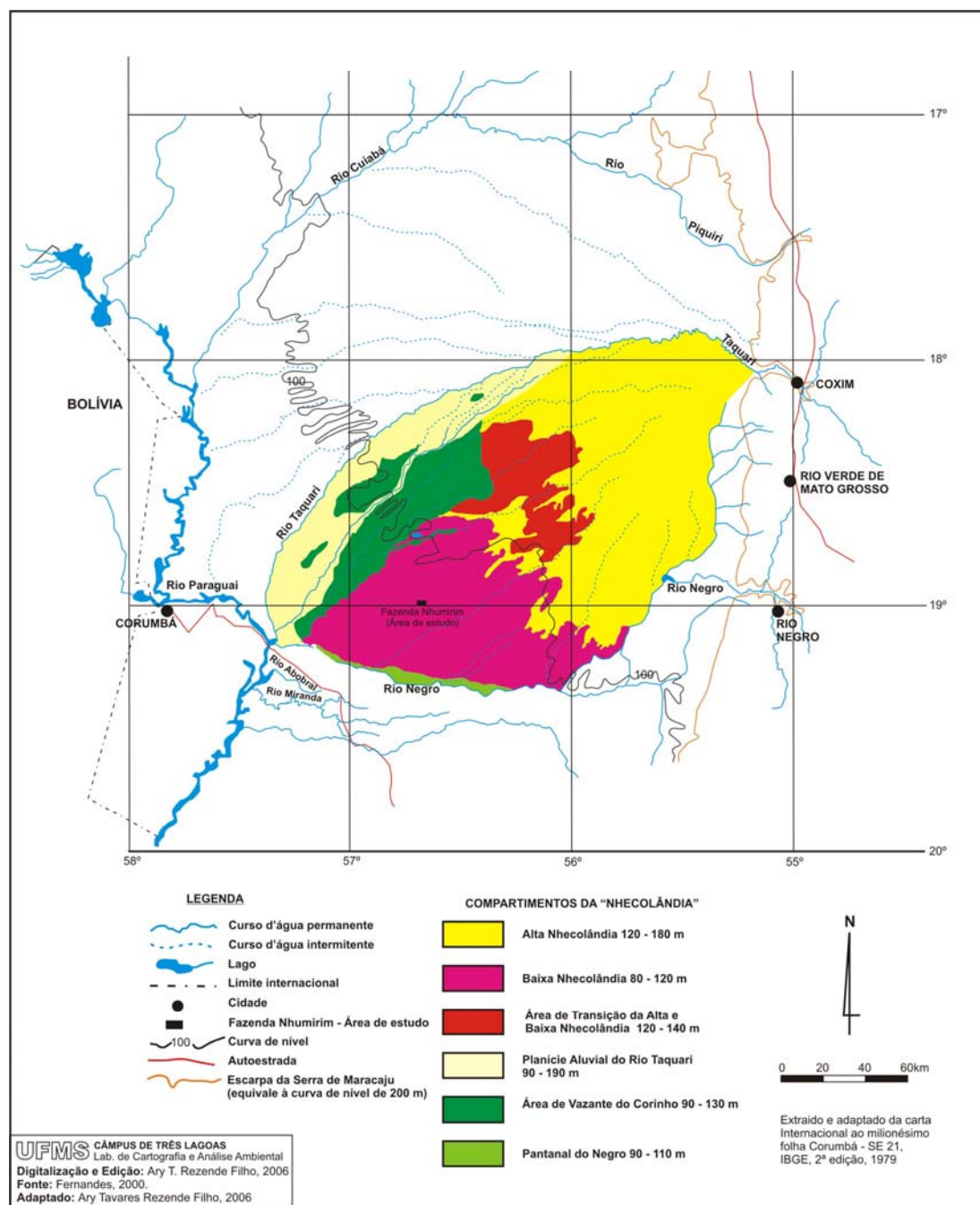


Figura 14: Mapa de compartimentação do Pantanal da Nhecolândia proposto por Fernandes, 2000.

3.1.1.4 Sistemas pedológicos

A dominância de solos hidromórficos no Pantanal aparentemente tem semelhanças com regimes de inundações a que estão submetidas as unidades de paisagem.

Os solos são constituídos por sedimentos arenosos finos (95%), e depositados pelo Rio Taquari, desde o início do período Quaternário. Eventualmente, pode-se encontrar manchas de solo siltoso ou argiloso (CUNHA 1981).

A parte central é formada por sedimentos de natureza arenosa transportada pelo rio Taquari, resultando no chamado leque do Taquari, cujo solo de maior ocorrência é o Podzol Hidromórfico seguido de Areias Quartzosas Hidromórficas, Planossolo, Laterita Hidromórficas e Glei Pouco Húmico (AMARAL FILHO, 1986).

Para Rezende Filho, (2003) os solos encontrados nas proximidades das lagoas salinas no Pantanal da Nhecolândia apresentam uma grande particularidade, pois estes solos morfologicamente lembram o perfil de um Podzol, contudo os traços pedológicos característicos que apresentam tais como, instabilidade estrutural, pH elevado acima de 9 confirmam uma diferenciação em via alcalina.

3.1.1.5 Formações Vegetais

Adámoli (1982) explica que o Pantanal está longe de ser uma comunidade de paisagem homogênea, pois apresenta uma heterogeneidade interna que, quanto à regulação local, permite reconhecer a existência de diversos pantanais ou sub-regiões.

A vegetação de savanas apresenta essencialmente as mesmas espécies ocorrentes nos cerrados do Brasil Central, destacando-se por apresentar algumas associações de espécies típicas de sua paisagem. As principais encontradas na sub-região do Pantanal da Nhecolândia são: o canjiqueiral, o gravatal, o caronal e o carandazal.

O canjiqueiral é uma associação caracterizada fundamentalmente pela presença de canjiqueira (*Byrsonima intermédia*) e de capim-mimoso (*Axonopus purpusii*). A canjiqueira é uma pequena árvore, com copa ampla

circular ou elíptica, com flores amarelas. Esta associação, em certos trechos, lembra um parque.

O gravatal é uma associação na qual se destaca o caraguatá (*Bromélia balansae*), com distribuição linear, em forma de fila circundando as áreas de cerrados das cordilheiras, dificultando a penetração neste território, devido aos espinhos que o gravatá ostenta.

O caronal é uma associação de capim-carona (*Elyonurus muticus*), cobrindo imensas áreas da Nhecolândia.

O carandazal é uma associação de palmeiras carandá (*Copernicia alba*), de aproximadamente 10 metros de largura, que forma um cordão que envolve as lagoas salinas no entorno da praia arenosa, de textura fina de cor clara.

3.2 Terminologias regionais

Os termos utilizados mostram as expressões regionais que caracterizam e distinguem as formações e associações vegetais das diferentes unidades da paisagem (RADAMBRASIL, 1982a), dentre elas podemos citar:

- **Cordilheiras:** são formas positivas de relevo, alongadas e estreitas, ligeiramente mais elevadas na paisagem geral da planície. Os solos são de areias Quartzosas vermelhas e amarelas distróficas e Podzois Hidromórficos, ambos sob cobertura vegetal de cerrados e cerradões.
- **Vazantes:** são superfícies ligeiramente côncavas, normalmente vinculadas a ambientes de amplas planícies, que em conjunto constituem extensas áreas temporariamente alagadas, com escoamento superficial muito lento. Os principais solos que ocorrem nesta unidade de paisagem são os Podzois Hidromórficos, Laterita Hidromórfica distrófica, Areias Quartzosas Hidromórficas distróficas e Planossolos distróficos, normalmente recobertos por campos gramíneos.
- **Baías:** são formas negativas de relevo, apresentando às vezes concavidades suaves, e encontram-se normalmente ocupadas pelas águas, algumas possuindo elevados teores de sais (salinas). Ocorrem em grande quantidade na zona da Nhecolândia, apresentando

grandes variedades de formas, desde formas circulares a subcirculares. Os solos dominantes são as areias Quartzosas Hidromórficas distróficas, Podzois Hidromórficos distróficos e Lateritas Hidromórficas distróficas, sob uma vegetação predominante de campos gramíneos (RADAMBRASIL, 1982a).

- **Corixos:** correspondem a cursos de águas alongados, próprios da planície pantaneira, de caráter perene, exceto durante as estiagens severas, e normalmente conectando “baías” contíguas durante as cheias; em geral, estes canais são mais estreitos e mais profundos do que as vazantes.

CAPÍTULO IV

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para realizar o estudo da relação relevo, vegetação, solo e água, os procedimentos adotados foram realizados mediante estabelecimento do nível topográfico, abrangendo as unidades de paisagens diferenciadas: banhado (baía/vazante), cordilheira, lagoa salina e lagoa salitrada, por meio do estudo da cobertura da vegetal, da análise estrutural da cobertura pedológica, do funcionamento hídrico do lençol freático com os dados de piezometria e do mapeamento da condutividade elétrica do solo por meio do método geofísico com o auxílio do aparelho EM38.

4.1 Levantamento Topográfico

O levantamento topográfico das toposseqüências ou transectos foram realizados com mangueira de 50 metros de comprimento, com a marcação em um espaçamento a cada 10 metros, visando a um perfil com um nível de detalhamento mais próximo do real.

O levantamento altimétrico da lagoa salitrada foi realizado com nível de precisão FG – L3 Rotation Laser marca FREIBERGER PRAZISIONSMECHANIC K Germany e com auxílio do GPS GARMIN 12 para posicionamento dos pontos levantados formando uma malha irregular de 388 pontos (Figura 15).

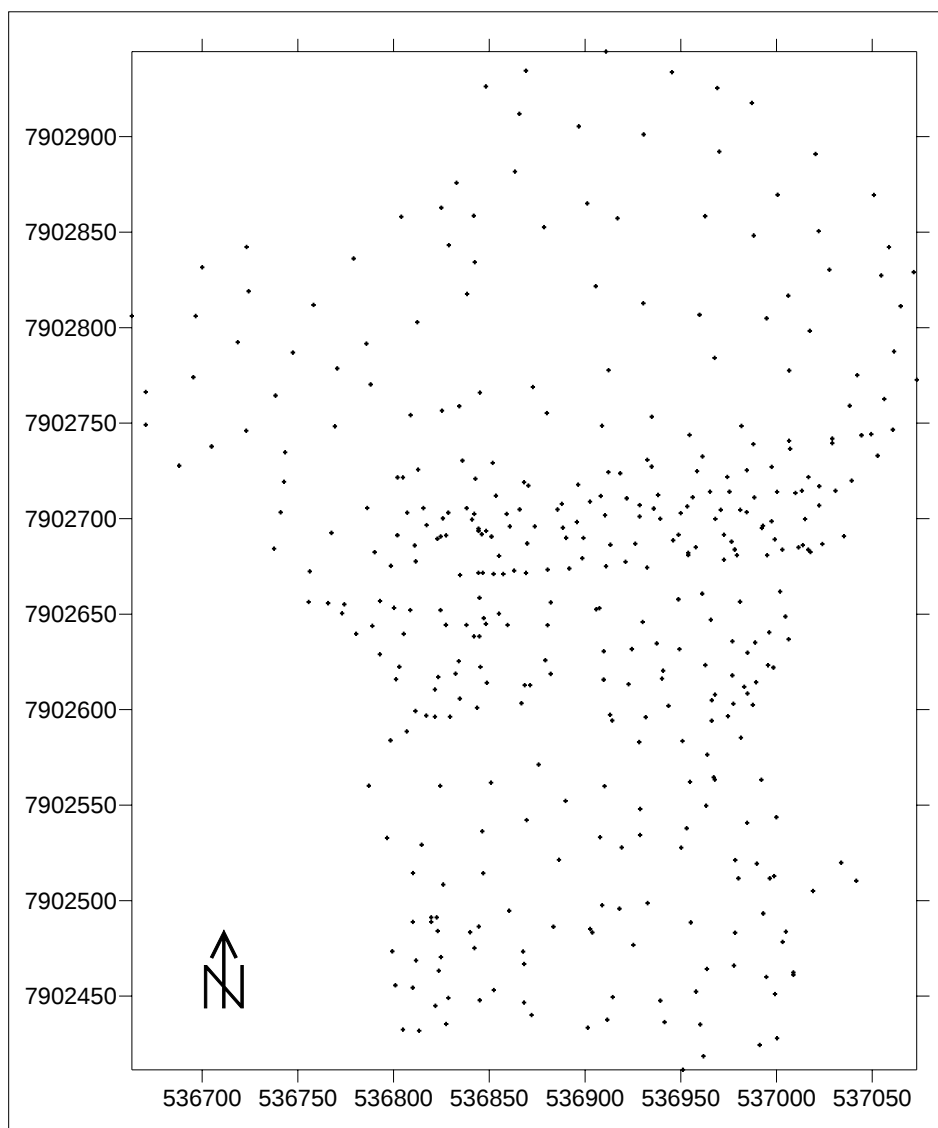


Figura 15 – Malha irregular dos pontos da topografia da lagoa Salitrada.

4.2 Análise da estrutura pedológica

A análise da estrutura superficial da cobertura pedológica desenvolvida por (Boulet et al.), é realizado através de uma topossequência do topo até a base da vertente, para constatar as variações, horizontais e verticais, existentes no perfil do solo estudado. Para buscar os limites e as variações na topossequência são realizadas trincheiras, tradagens intermediárias tantas quantas forem necessárias para desenhar o perfil, sobre o corte topográfico dos horizontes identificados (Boulet, 1988).

A morfologia do solo foi estudada em detalhe ao longo das toposseqüências estabelecidas no banhado (baía/vazante) nas lagoas salina e salitrada, localizadas na Figura 16.

Os horizontes do solo foram identificados, descritos mediante tradagens e trincheiras para análise e descrição das transições verticais e laterais dos diferentes horizontes. Em alguns setores das seqüências que exibem transições laterais específicas na morfologia do solo, foi utilizado um aparelho para medir a condutividade eletromagnética (EM38, GEONICS, LTD, ONTÁRIO, CANADÁ), para comparar a condutividade eletromagnética do solo.

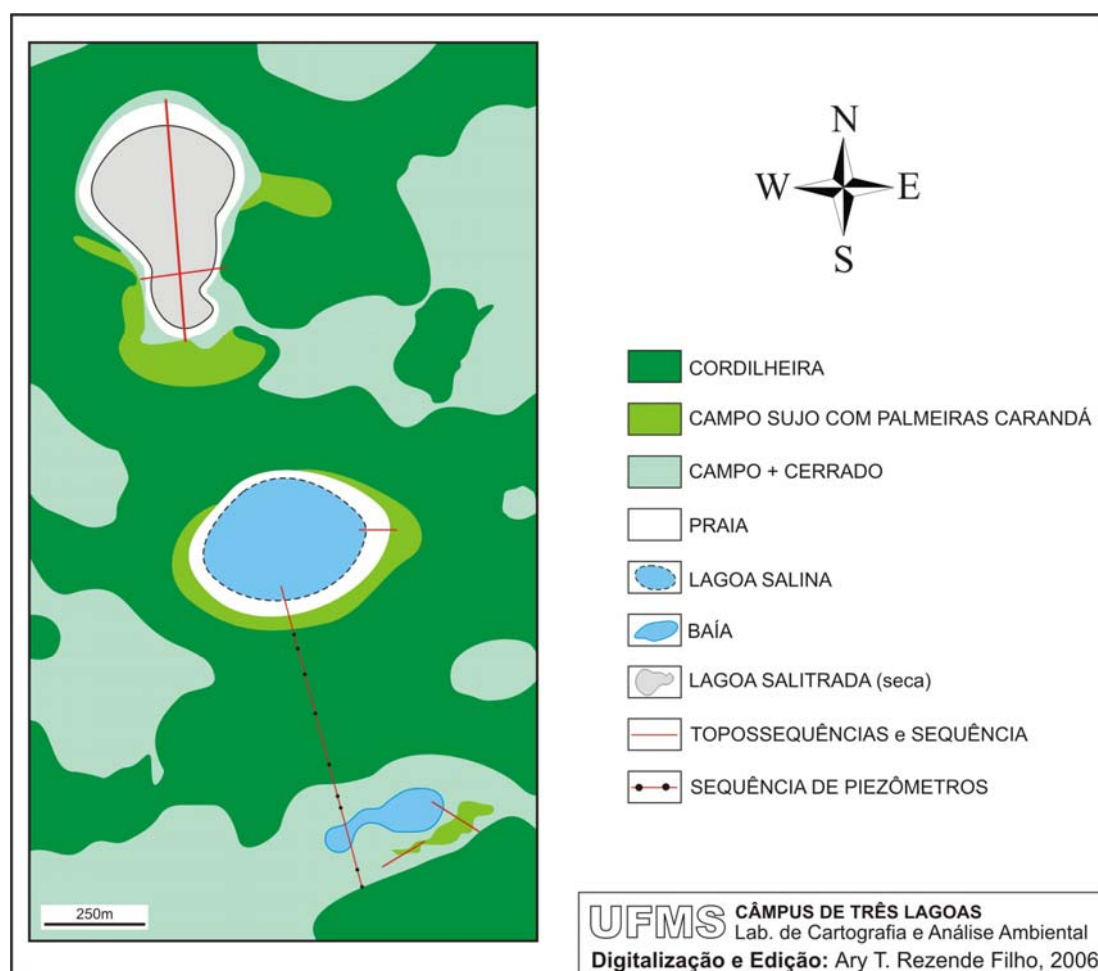


Figura 16 – Localização da toposseqüência e seqüências estudadas.

A calibração do aparelho EM38 foi realizada em função do estudo detalhado da toposseqüência – 2 (Figura 17), localizada no banhado

(baía/vazante) para realizar uma malha de pontos em áreas mais amplas. Foi observada na morfologia do solo e sua transição tanto vertical como lateral até a profundidade do lençol freático a estrutura da cobertura pedológica associada ao zoneamento da vegetação encontrada na área do banhado (baía/vazante), abrangendo uma extensão da baía, passando pelo campo limpo e sujo e pela concentração das palmeiras carandás até a borda da cordilheira no sentido NW/SE.

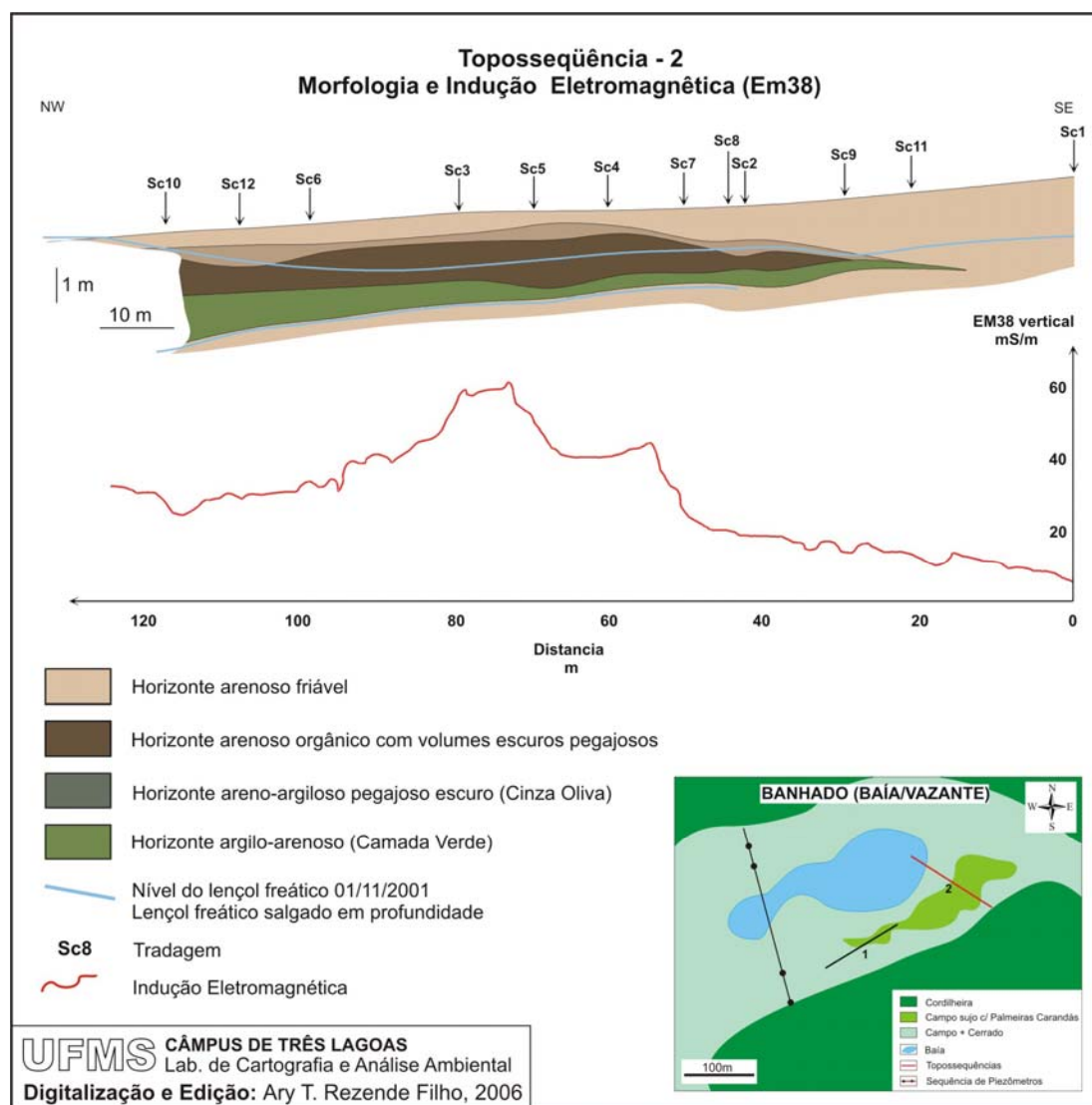


Figura 17 – A calibração do aparelho EM38 em função da morfologia do solo.

Várias topossequências de solos foram estudadas nesses ambientes, entre as topossequências isoladas no entorno do banhado (baía/vazante) e nas topossequências das lagoas salina e salitrada, apresentando forte

contraste de salinidade do lençol freático em algumas localidades. Em todas as seqüências, a morfologia do solo foi reconstituída sobre uma base topográfica por meio de sondagens verticais do solo com trado.

4.3 Funcionamento Hídrico

No sistema lagoa salina – cordilheira – banhado (baía/vazante), foi instalada desde 1998, uma seqüência de piezômetros (Figura 16) para monitorar a variação ou oscilação do lençol freático.

A interpretação dos dados coletados foi feita em dois momentos: uma da época de cheia e outra da época de seca do nível de água do lençol freático, mediante registros piezométricos obtidos durante o período de coleta de dados de campo.

4.4 Mapeamento da condutividade eletromagnética do solo

Os mapeamentos foram realizados por meio de métodos geofísicos com o aparelho EM38 para a aquisição de dados de forma indireta e pela indução de ondas eletromagnéticas⁵, apoiando-se o aparelho na superfície do solo.

Este dispositivo portátil é usado para delinear as mudanças ou variações do solo quanto à salinidade do solo, à textura e aos índices de água no interior do solo. Este instrumento mede a condutividade elétrica do solo aparente (ECm) por millisiemens, representado pelo medidor (mS m^{-1}). As medidas foram feitas na modalidade vertical, isto é, aproximadamente 75% do sinal foi estimado para medir 1,8m no interior do solo (MC NEILL, 1980).

O mapeamento das características específicas do solo foi realizado mediante medidas de condutividade eletromagnéticas de acordo com uma grade regular de 10m x 10m em torno da lagoa salina (Figura 18) e do

⁵ A condutividade elétrica de uma solução (água) é sua capacidade de conduzir uma corrente elétrica. Ela depende essencialmente da carga iônica da água (salinidade) e, secundariamente do tipo de íon (a relação entre a condutividade elétrica e a salinidade varia ligeiramente se a solução é dominada pelo NaCl (por exemplo, a água do mar) ou pelo NaCO₃ (por exemplo, as salinas do Pantanal). A medida de condutividade elétrica é, portanto, uma medida indireta da salinidade, mas fortemente correlacionada à salinidade. A unidade de medida da CE é o Siemens/m. As medidas são aqui expressas em milliSiemens/cm (mS/cm).

banhado (baía/vazante) (Figura 19) e uma grade regular de 20m x 20m em torno da lagoa salitrada (Figura 20). O registro eletromagnético foi realizado durante a estação seca de 2001 no banhado (baía/vazante) e na seca severa de 2002 na salina, onde a água foi encontrada somente no centro da lagoa e na estação seca de 2004, na lagoa salitrada que se encontrava quase totalmente seca. Todas as medidas foram georeferenciadas com o auxílio de um aparelho de GPS, para aquisição dos dados de campo. Em cada cruzamento da malha, foi efetuada uma medida de condutividade eletromagnética do solo, com o aparelho EM 38.

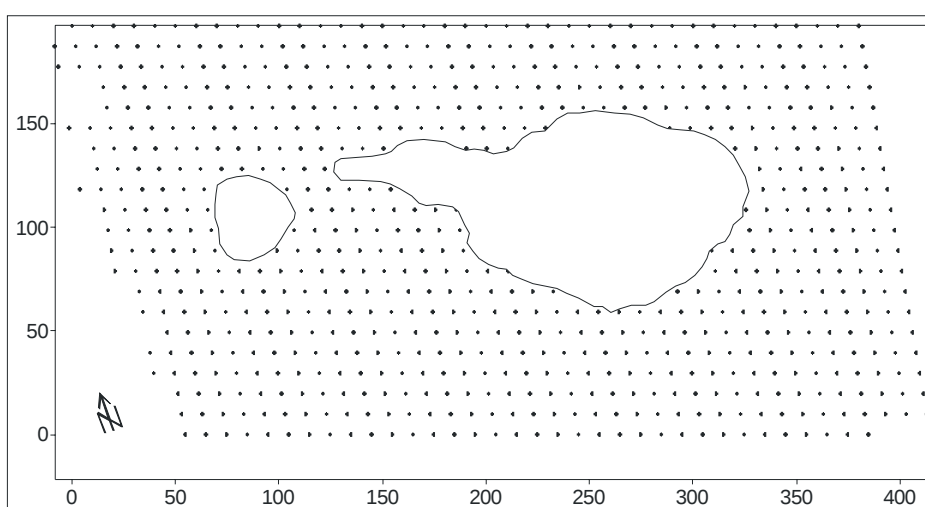


Figura 18 – Malha regular 10x10 do Banhado (baía/vazante).

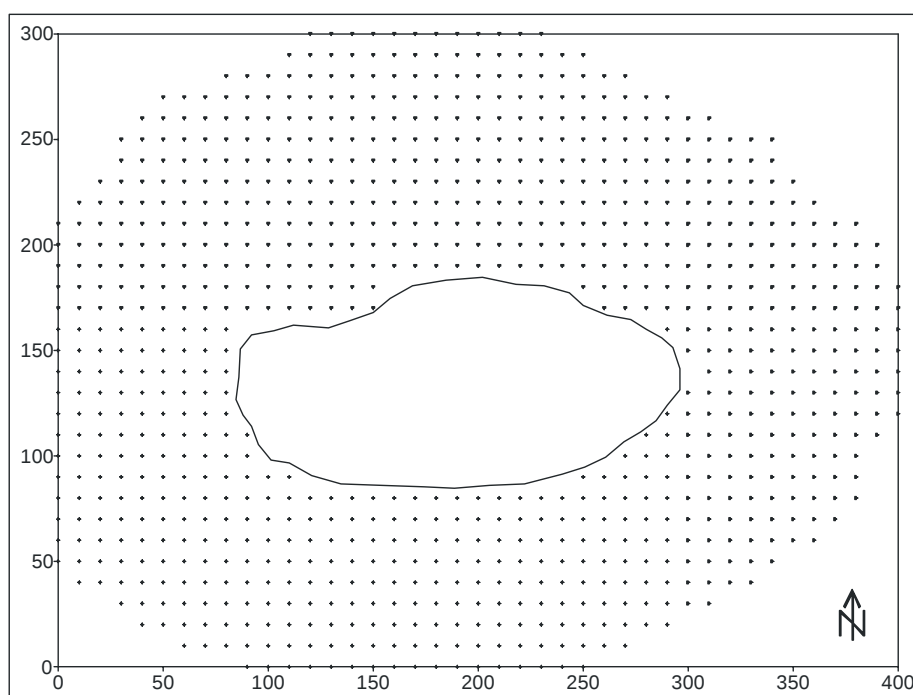


Figura 19 – Malha regular 10x10 da lagoa Salina do meio.

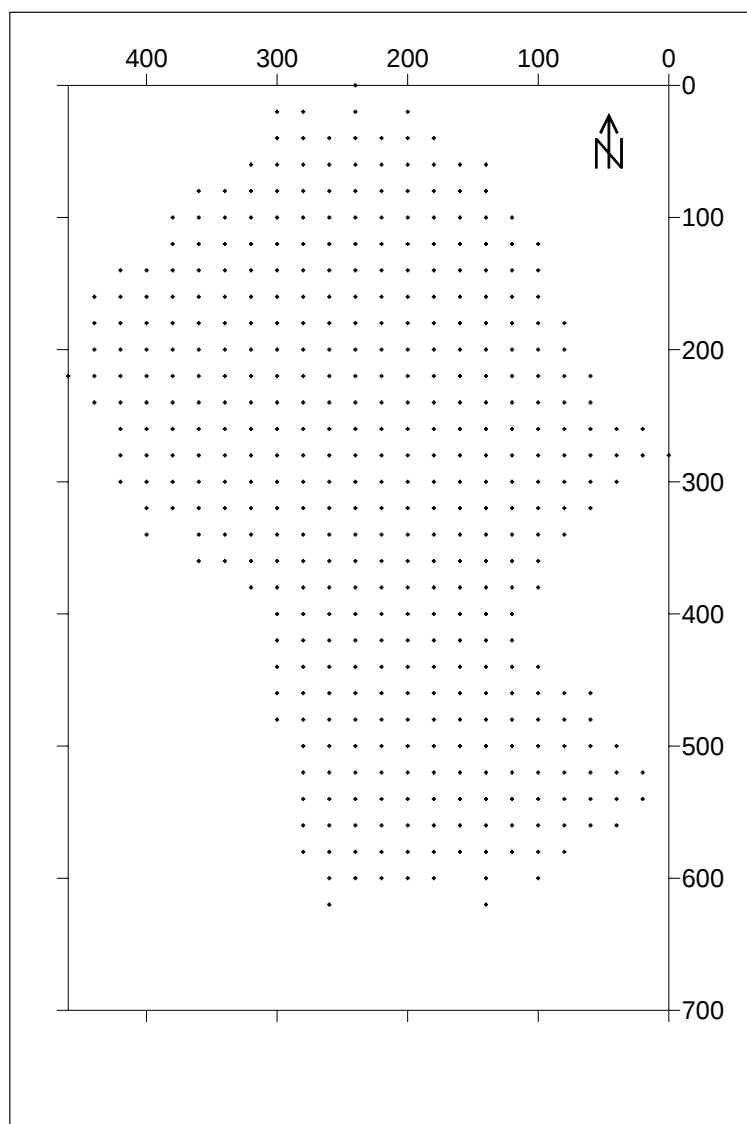


Figura 20 – Malha regular 20x20 da lagoa Salitrada.

4.4.1 Métodos eletromagnéticos de baixa frequência (EM38)

Os métodos eletromagnéticos envolvem a propagação de campos eletromagnéticos de baixa frequência (abaixo de 1 MHz) e baseiam-se nos fenômenos físicos de eletricidade e magnetismo.

O aparelho (Foto 6) é portátil, com aproximadamente 5 Kg e um 1 metro de largura. A aquisição de dados é feita em cerca de 5 segundos. O essencial do tempo de prospecção é gasto com a locomoção do utilizador de um ponto de medida ao outro. Trata-se, portanto, de uma aquisição muito rápida de medida de cada ponto, podendo ser realizada com várias densidades de pontos.

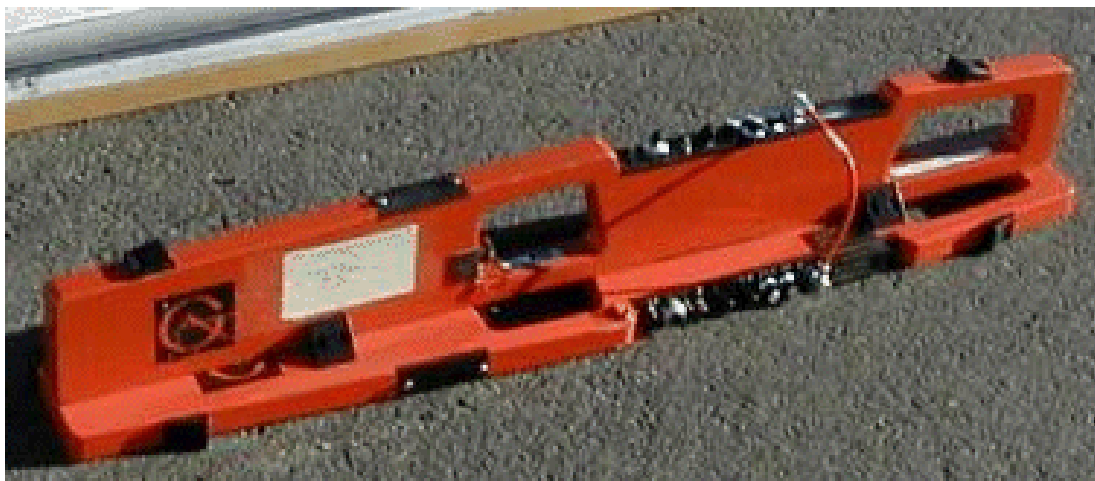


Foto 6 – Aparelho EM 38 (Geonics Ltd, Ontário, Canadá).

Princípio da medida: O aparelho possui uma pequena bateria de 9V, que emite uma corrente elétrica contínua. Esta corrente passa dentro de uma bobina indutora, localizada numa das extremidades do aparelho. Esta corrente provoca um campo magnético primário dentro e ao redor da bobina. Este campo primário induz, por sua vez, uma corrente elétrica no solo. Esta corrente é mais ou menos forte em função da condutividade do solo, sendo que esta depende da textura, da estrutura, da umidade e, sobretudo, da salinidade do solo. Esta corrente induzida na superfície do solo cria um campo magnético secundário no interior do solo cuja intensidade é proporcional à corrente elétrica do solo. Este campo magnético secundário gera, por sua vez, uma corrente elétrica dentro da bobina receptora, localizada na outra extremidade do aparelho, cuja intensidade é proporcional à intensidade desse campo magnético secundário. A eletrônica contida no aparelho analisa a relação entre as correntes dentro das bobinas indutora e receptora obtendo a condutividade do solo (MC NEILL, 1980).

Características do aparelho: A profundidade de investigação do solo depende da distância entre as bobinas. Em função disto, existem vários aparelhos com distâncias entre bobinas diferentes, ou mesmo variáveis (EM 31, EM34, GEONICS, LTD, ONTARIO, CANADÁ). O menor aparelho comercializado é de 60 cm de distância entre bobinas apresentando, portanto, a distância mínima. No caso do EM38 que utilizamos, a distância é de 1 metro (Figura 21).

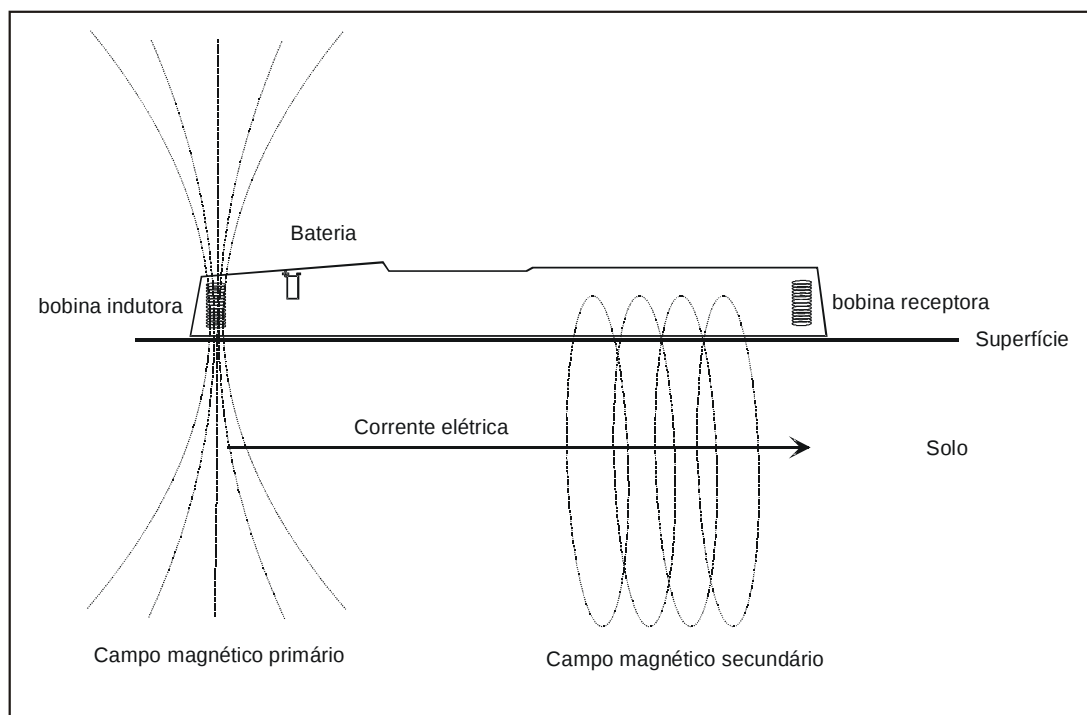


Figura 21 – Condutímetro Eletromagnético EM 38 (GEONICS LTD. ONTÁRIO, CANADÁ)

As camadas do terreno não respondem da mesma forma. Assim, McNeill (1980) estabeleceu uma curva teórica de contribuição à resposta do aparelho em função da profundidade. Geralmente, considera-se que a profundidade máxima de investigação é da ordem de 2 metros. Deste modo, quando o aparelho é utilizado em posição vertical, ele é particularmente sensível entre 20 e 80 cm de profundidade, mas muito pouco sensível à condutividade dos horizontes superficiais. Por outro lado, quando o aparelho é utilizado em posição horizontal, a profundidade de prospecção diminui, mas o aparelho é muito mais sensível ao desempenho da condutividade dos horizontes superficiais. Assim, a comparação entre as medidas em posições verticais e horizontais, pode informar a localização dos horizontes mais condutores no interior de um perfil de solo.

4.5 Geoestatística

A geoestatística é conjunto de técnicas usadas para analisar e inferir valores de uma variável distribuída no espaço e ou no tempo da seguinte forma: **análise exploratória dos dados** (estatística descritiva), **análise**

estrutural (cálculo e modelagem do semivariograma) e **realização de inferências** (Krigagem ou Simulação).

Os valores dos dados são implicitamente assumidos ao ser correlacionado com outros e o estudo de tal correlação é denominado de análise estrutural ou modelagem do semivariograma. Depois da análise estrutural, inferências em localizações não amostradas são realizadas usando "*Krigagem*" ou podem ser *Simuladas* usando simulações condicionais:

Segundo Grossi Sad (1986), a geoestatística dedica-se ao estudo da distribuição e da variabilidade dos valores, em função do seu arranjo espacial ou temporal, isto é, de valores regionalizados. Um fenômeno que se modifica no espaço e que é provido de certa estrutura comporta-se de modo "regionalizado". Se $Z(x)$ é o valor de uma variável Z no ponto x , é possível descrever a variabilidade da função $f Z(x)$ no espaço, com Z variando dependentemente do local da amostragem.

O interesse da análise geoestatística não se limita à obtenção de um modelo de dependência espacial, desejando-se também prever valores em pontos não amostrados. O interesse pode ser em um ou mais pontos específicos da área ou obter uma malha de pontos interpolados que permitam visualizar o comportamento da variável na região por meio de um mapa de isolinhas ou de superfície. Para se obter esse maior detalhamento da área em estudo é necessária a aplicação de um método de interpolação, como a krigagem (SILVA JUNIOR, 2001).

4.5.1 Tratamento Geoestatístico

4.5.1.1 Estatística descritiva

Os dados brutos devem ser inicialmente interpretados mediante procedimentos da análise estatística descritiva, para visualizar o comportamento geral dos dados e identificar possíveis valores discrepantes. As medidas estatísticas usualmente calculadas são: máximo e mínimo, média, desvio padrão, número de amostras, teste paramétrico de normalidade. A normalidade da distribuição dos valores foi verificada por um teste Ki^2 .

4.5.1.2 Semivariograma

O semivariograma analisa o grau de dependência espacial entre amostras num campo experimental, além de definir parâmetros necessários para a estimativa de valores para locais não amostrados, através da técnica de krigagem (SALVIANO, 1996).

O semivariograma é o gráfico que expressa a variação da propriedade com a distância entre pontos no campo de amostragem. A variância total de uma determinada propriedade é desmembrada em diferentes distâncias amostradas e, com isso, objetiva-se encontrar a estrutura da variância. A variabilidade espacial dos dados de condutividade eletromagnética do solo amostrado foi testada através do estudo de semivariogramas, ferramenta básica de suporte às técnicas de krigagem.

Uma estimativa do semivariograma é fornecida pela fórmula:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (z(x_i) - z(x_i + h))^2$$

onde:

$\gamma(h)$ é o semivariograma estimado ou experimental; h vetor distância média entre os pontos da classe; $N(h)$ o número de pares de pontos da classe e, $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$ são os valores da variável coletados nos pontos x_i e $x_i + h$ ($i = 1, \dots, n$), separados pelo vetor h .

A Figura 22 ilustra um semivariograma experimental com características muito próximas do ideal. O seu padrão representa o que, intuitivamente, se espera de dados de campo, isto é, que as diferenças $\{Z(x_i) - Z(x_i + h)\}$ decresçam à medida que h , a distância que os separa decresce. É esperado que observações mais próximas geograficamente tenham um comportamento mais semelhante entre si do que aquelas separadas por maiores distâncias. Desta maneira, é esperado que $\gamma(h)$ aumente com a distância h . (INPE - TUTORIAL SPRING®, 2003).

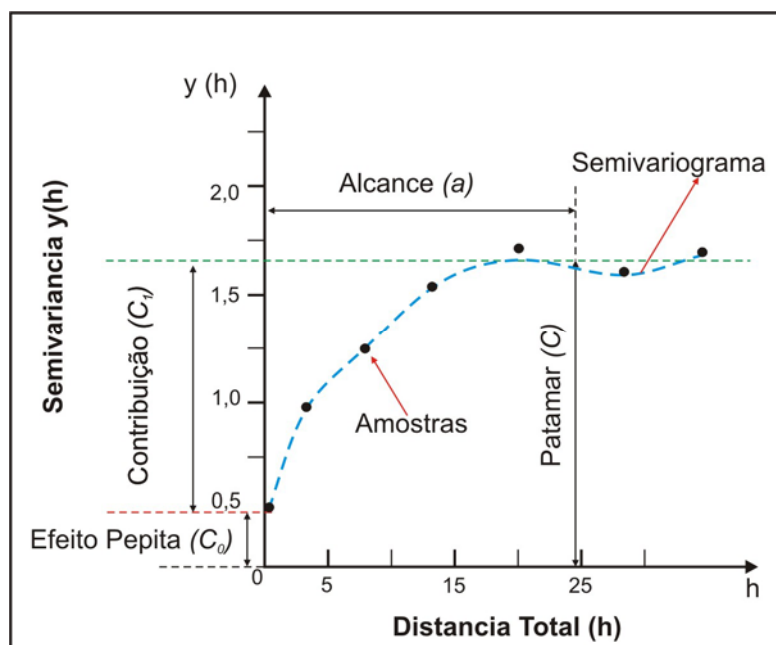


Figura 22 – Modelo de semivariograma experimental (INPE - TUTORIAL SPRING®, 2003).

- **Alcance (a):** distâncias dentro das quais as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente. Na Figura 22, o alcance ocorre próximo de 25m.
- **Patamar (C):** é o valor do semivariograma correspondente a seu *alcance (a)*. Deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras, porque a variância da diferença entre pares de amostras ($\text{Var} [Z(x) - Z(x+h)]$) torna-se invariante com a distância.
- **Efeito Pepita (C_0):** por definição, $y(0)=0$. Entretanto, na prática, à medida que h tende para 0 (zero), $y(h)$ se aproxima de um valor positivo chamado *Efeito Pepita (C_0)*. O valor de C_0 revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras. Parte desta descontinuidade pode ser também devida a erros de medição (Isaaks e Srivastava, 1989), mas é impossível quantificar se a maior contribuição provém dos erros de medição ou da variabilidade de pequena escala não captada pela amostragem.
- **Contribuição (C_1):** é a diferença entre o patamar (C) e o Efeito Pepita (C_0).

De acordo com Trangmar et al. (1985), um efeito pepita de 0% indica que o erro experimental é praticamente nulo e que não existe variação significativa a distâncias menores que a amostrada. Quanto menor a proporção do efeito pepita para o patamar, maior será a semelhança entre os valores vizinhos e a continuidade do fenômeno e menor a variância da estimativa e, portanto, maior a confiança que se pode ter nas estimativas (VIEIRA, 1997; VIEIRA, 1998).

O efeito pepita, que é um parâmetro importante do semivariograma, reflete o erro analítico, indicando uma variabilidade não explicada (ao acaso) de um ponto para o outro, que pode ser devida tanto a erros de medidas ou micro variação não detectada em função da distância de amostragem utilizada (CAMBARDELLA et al., 1994; PAZ et al., 1996; VIEIRA, 1997), sendo impossível quantificar a contribuição individual dos erros de medições ou da variabilidade. Esse parâmetro pode facilitar a comparação do grau de dependência espacial das variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985). Para a análise do grau de dependência espacial das variáveis pode-se utilizar a classificação de Cambardella et al. (1994), onde são considerados de forte dependência espacial os semivariogramas que têm efeito pepita $\leq 25\%$ do patamar, moderada quando entre 25 e 75% e de fraca quando $>75\%$.

Alta porcentagem obtida para o efeito pepita reflete que grande parte da variação encontrada é devida a variações a distâncias menores que a distância amostrada. Para diminuir os valores do efeito pepita ("*nugget effect*") é necessário que a amostragem seja realizada a distâncias menores que a utilizada para que, assim, se possa detectar a estrutura da variância ou seja, a escala de variabilidade natural do fenômeno (JOURNEL & HUIJBREGTS, 1978; SILVA, 1988; DOURADO NETO, 1989; MACHADO, 1994; LAMPARELLI et al., 2001).

4.5.1.3 Geração de mapas de Krigeagens

Quando se estuda um determinado espaço é obviamente impossível recolher um grande número de amostras, porém o objetivo é geralmente compreender o comportamento de anomalias, a partir dos pontos

amostrados. Tradicionalmente, um algoritmo de simples interpolação gera um mapa de isolinhas da concentração destas anomalias. Este algoritmo tem apenas por base os valores de cada um dos pontos e as distâncias relativas entre eles. O desenho das isolinhas não assenta sobre quaisquer princípios estatísticos.

Na maioria das vezes, o interesse da análise geoestatística não se limita à obtenção de um modelo de dependência espacial, desejando-se também prever valores em pontos não amostrados. O interesse pode ser em um ou mais pontos específicos da área ou obter uma malha de pontos interpolados que permitam visualizar o comportamento da variável na região através de um mapa de isolinhas ou de superfície. Para se obter esse maior detalhamento da área em estudo é necessária a aplicação de um método de interpolação, como a krigagem (SILVA JUNIOR, 2001).

Segundo Gonçalves (1997) e Silva Junior (2001) esse interpolador pondera os vizinhos do ponto a ser estimado, obedecendo aos critérios de não tendenciosidade e mínima variância.

Para a condutividade eletromagnética do solo, o mapa de krigagem foi elaborado a partir de modelos ajustados de forma automática pelo software e posteriormente ajustada manualmente porque o cálculo automático não permite o ajustamento dos semivariograma estimado satisfatório. O ajustamento entre o modelo e o semivariograma experimental foi realizado pelo método dos mínimos quadrados. O cálculo automático foi realizado com auxílio do software Surfer.

CAPÍTULO V 5 RESULTADOS

5.1 Estudo bidimensional da cobertura pedológica

Os estudos da cobertura pedológica das três unidades de paisagem permitiram identificar os horizontes dos solos bem como suas sucessões verticais e suas distribuições laterais, apresentados nas Figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30.

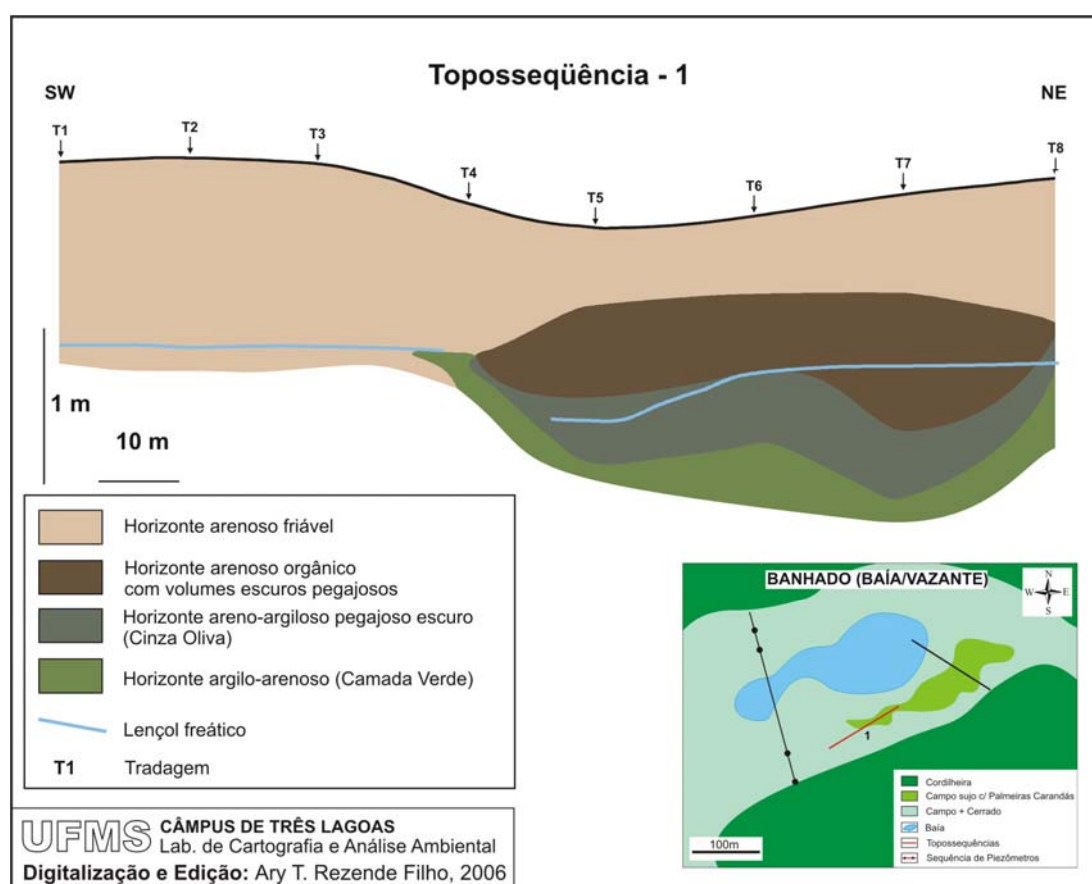


Figura 23 – Toposequência 1 (sentido sudoeste-nordeste), Banhado (Baía/Vazante).

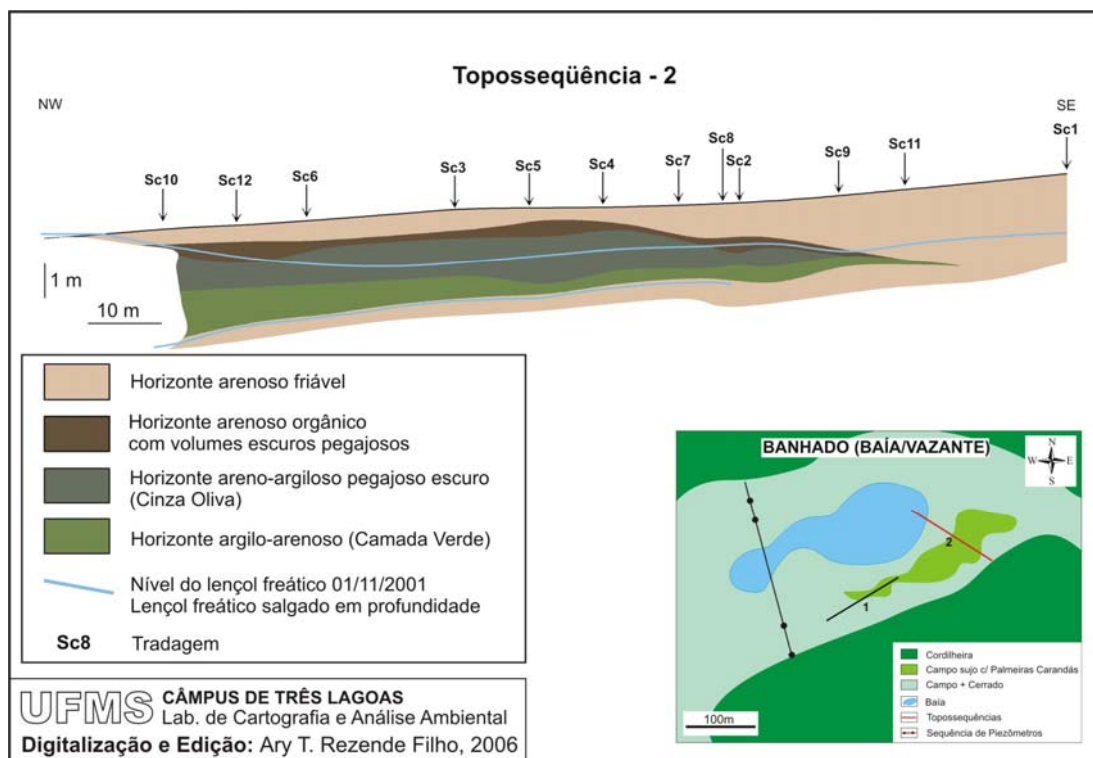


Figura 24 – Topossequência 2 (sentido noroeste-sudeste), banhando (baía/vazante).

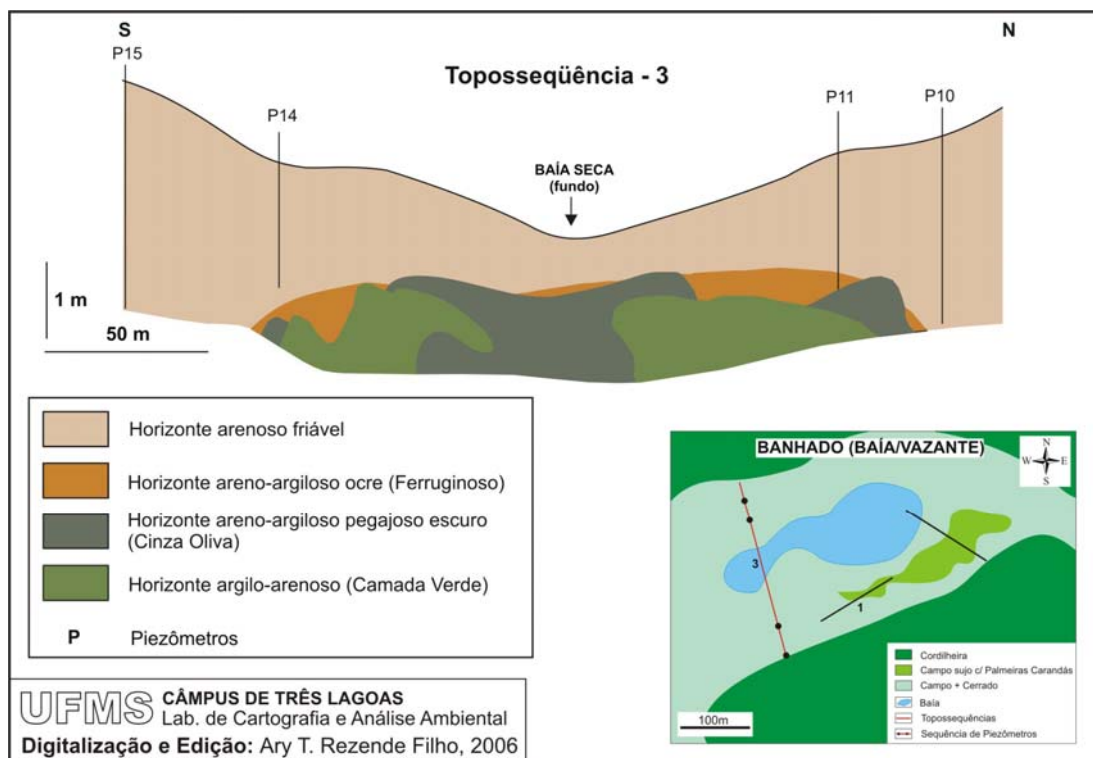


Figura 25 – Topossequência 3 (sentido sul-norte), banhando (baía/vazante).

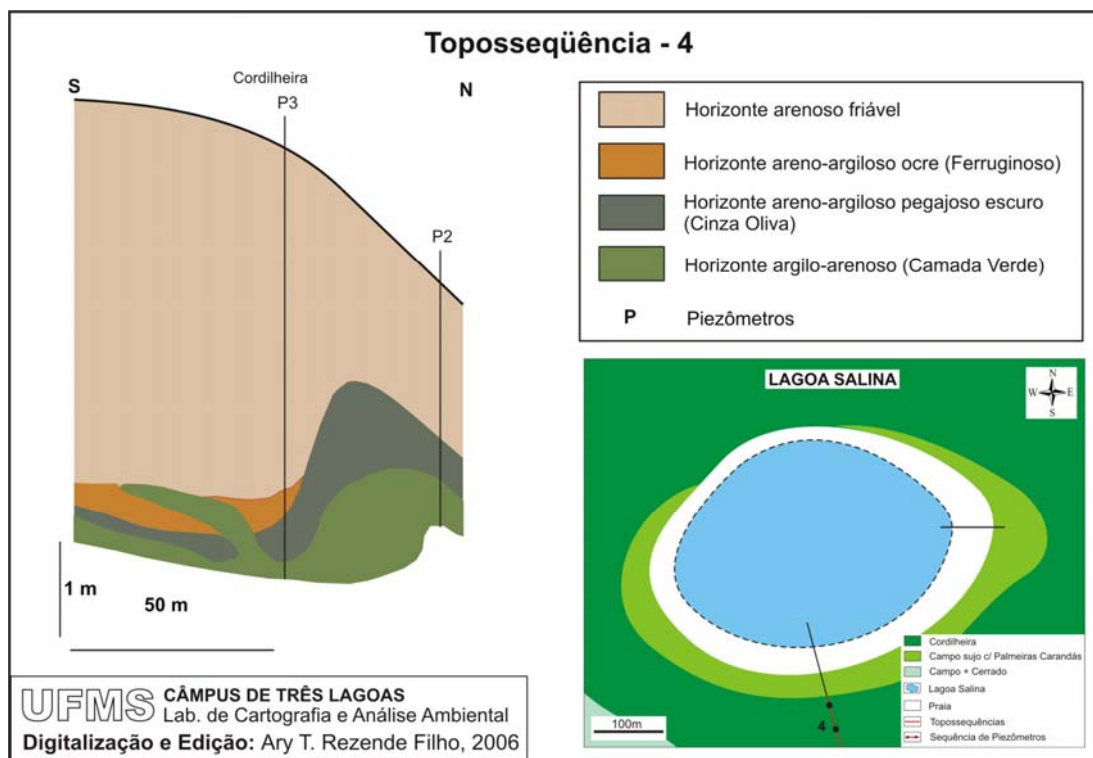


Figura 26 – Topossequência 4 (sentido sul-norte), Lagoa Salina (detalhe do perfil no interior da cordilheira entre os piezômetros P2 e P3).

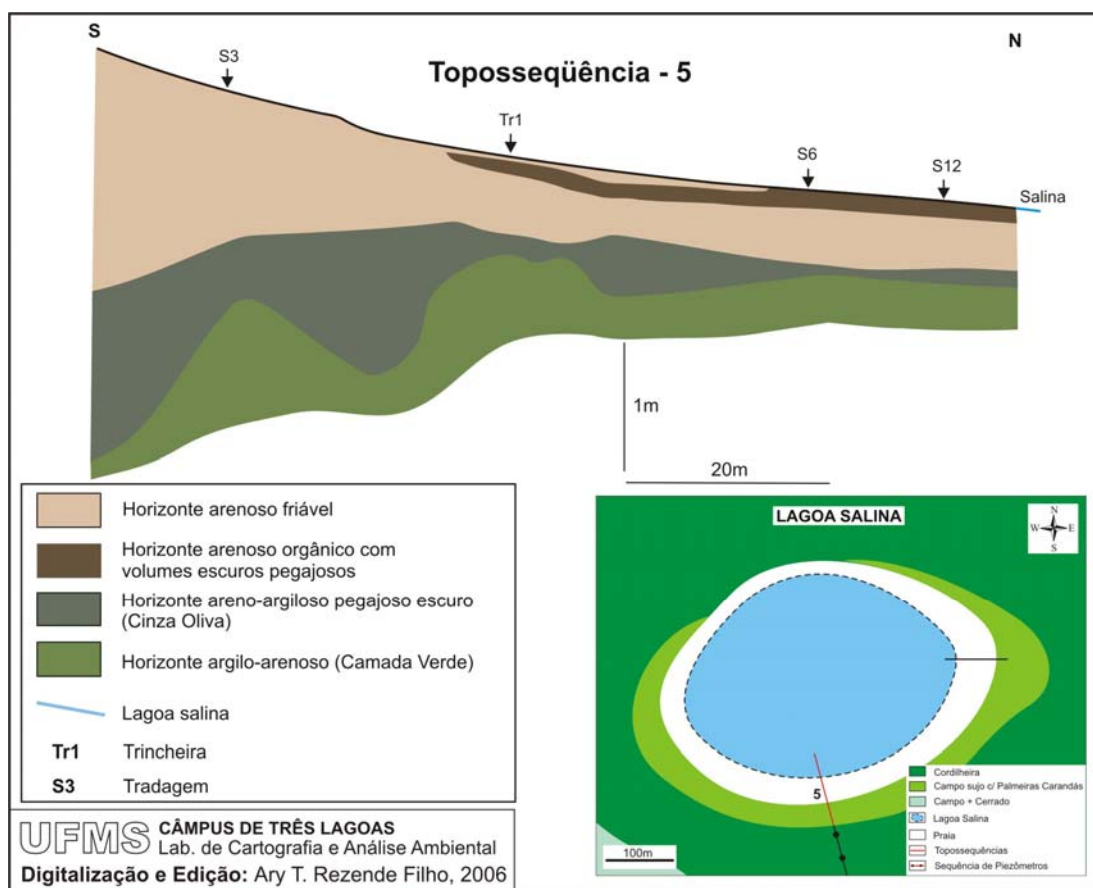


Figura 27 – Topossequência 5 (sentido sul-norte), Lagoa Salina (FURQUIM et al, 2004).

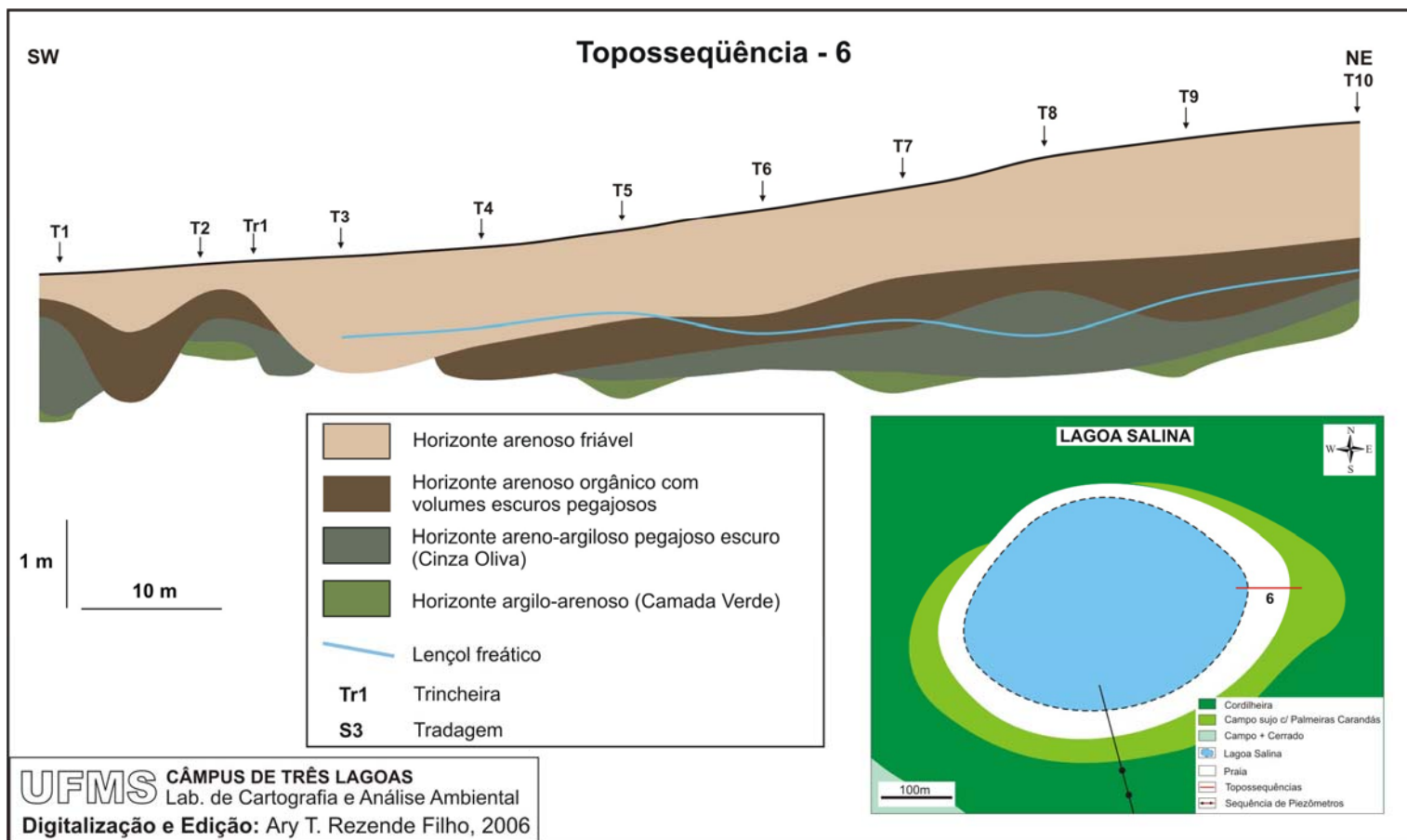


Figura 28 – Topossequência 6 (sentido sudoeste-nordeste), Lagoa Salina.

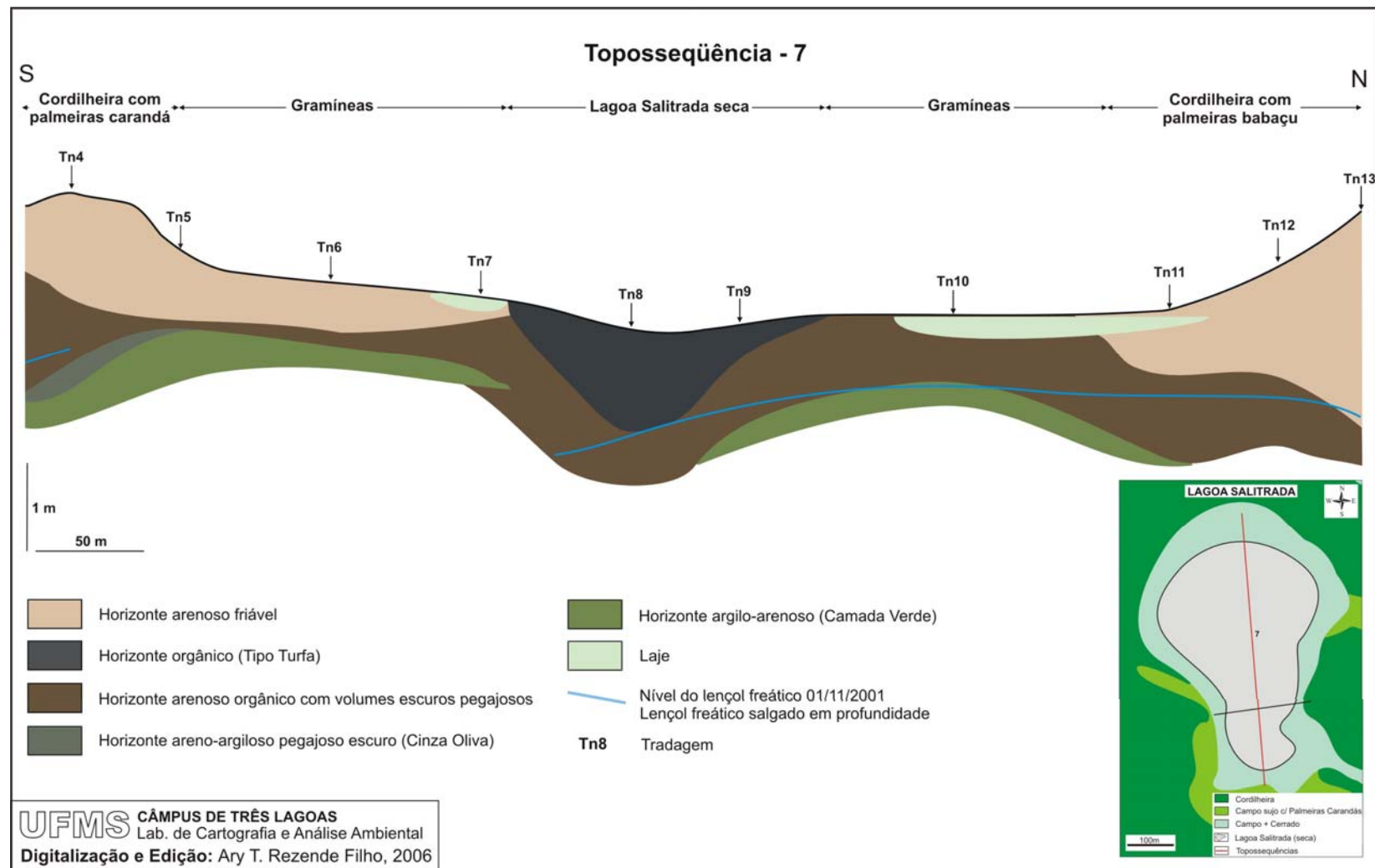


Figura 29 – Topossequência 7 (sentido sul-norte), Lagoa Salitrada (SILVA, 2004).

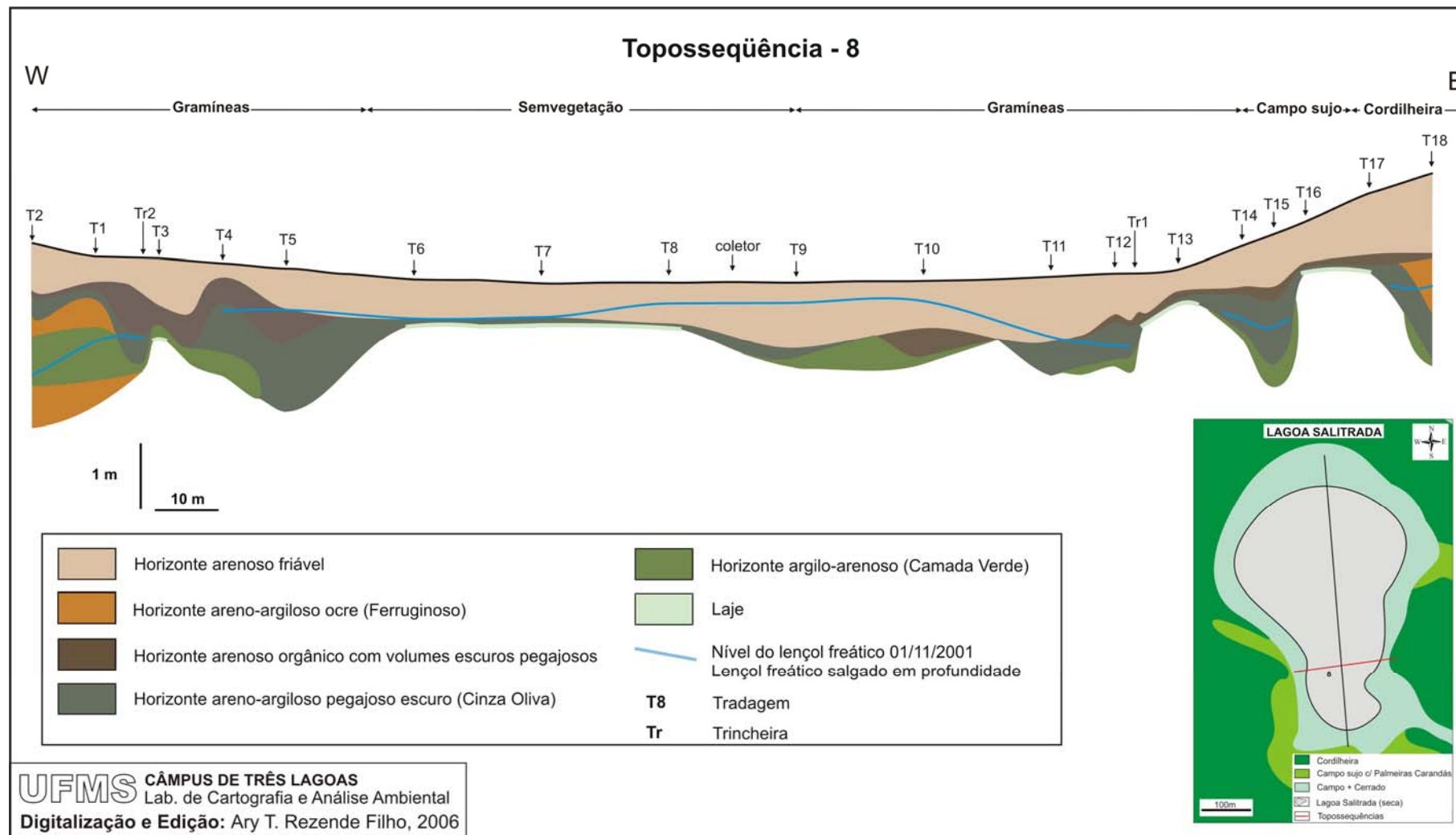


Figura 30 – Topossequência 8 (sentido oeste-leste), Lagoa Salitrada.

As descrições morfológicas dos horizontes do solo estão apresentadas de maneira sintetizada através das descrições das principais características de todos os horizontes identificados:

1. Horizonte arenoso: apresenta uma pequena faixa superficial de matéria orgânica entremeada com as raízes variando no máximo de 10 cm de espessura, de textura fina de cor bege 10YR 5/3 em sua parte superficial (Figura 31). A parte mais profunda deste horizonte é marcada por manchas escuras, orgânicas de textura arenosa, essas manchas são acumulações de matéria orgânica sem elementos figurados, apresentada em formas de volumes ou de filetes (veios) deixando o horizonte com aparência zebraada com a cor predominante 2.5Y 3/1 (Figura 32).

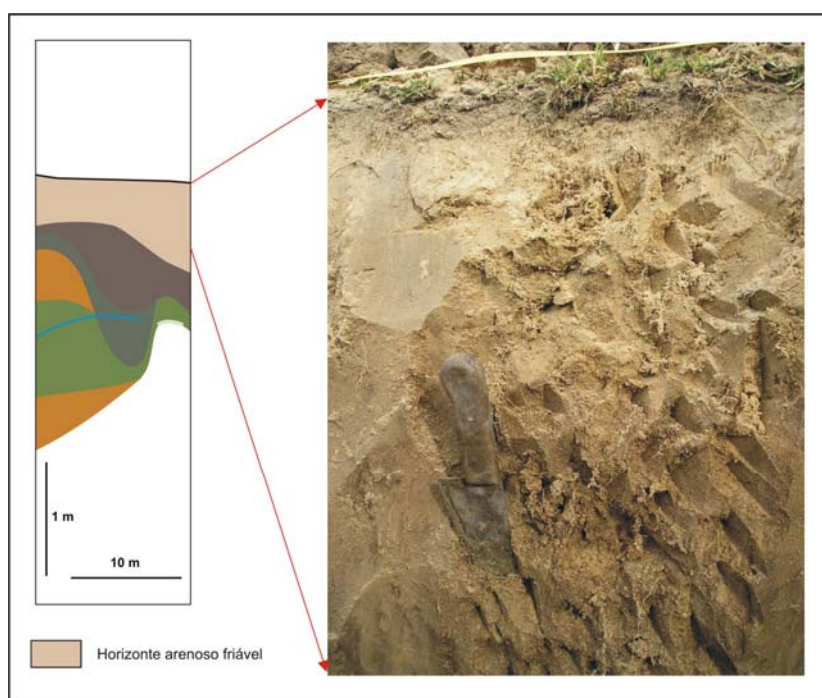


Figura 31 – Horizonte arenoso superficial.

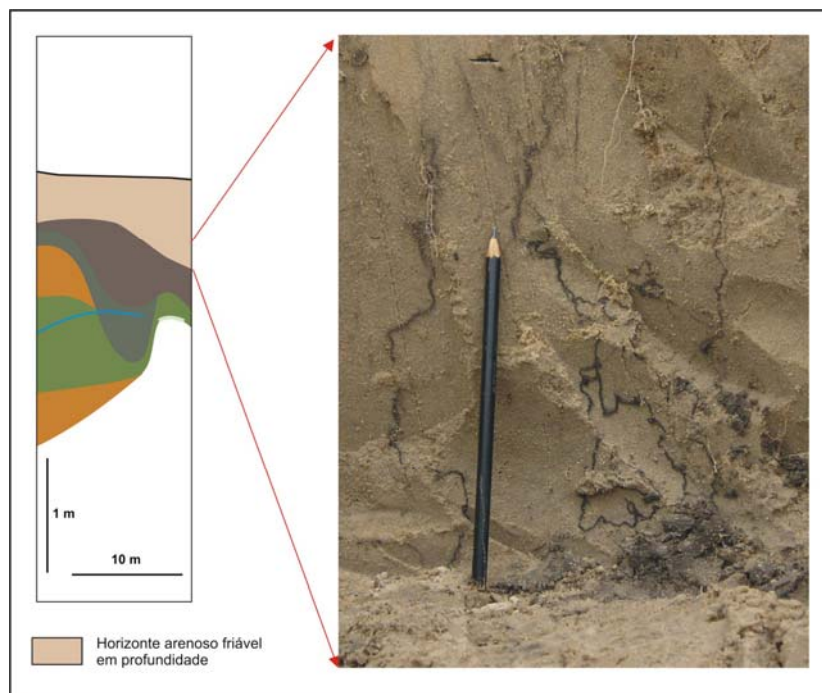


Figura 32 – Horizonte arenoso em profundidade.

2. Horizonte orgânico: este horizonte apresenta textura arenosa com baixo índice de argila, se configura aparentemente pela homogeneização da cor escura 10YR 3/2, 3/4 em virtude da acumulação intensa da matéria orgânica, e não apresenta elementos figurados, ou seja, a matéria orgânica aparece dissolvida (Figura 33).

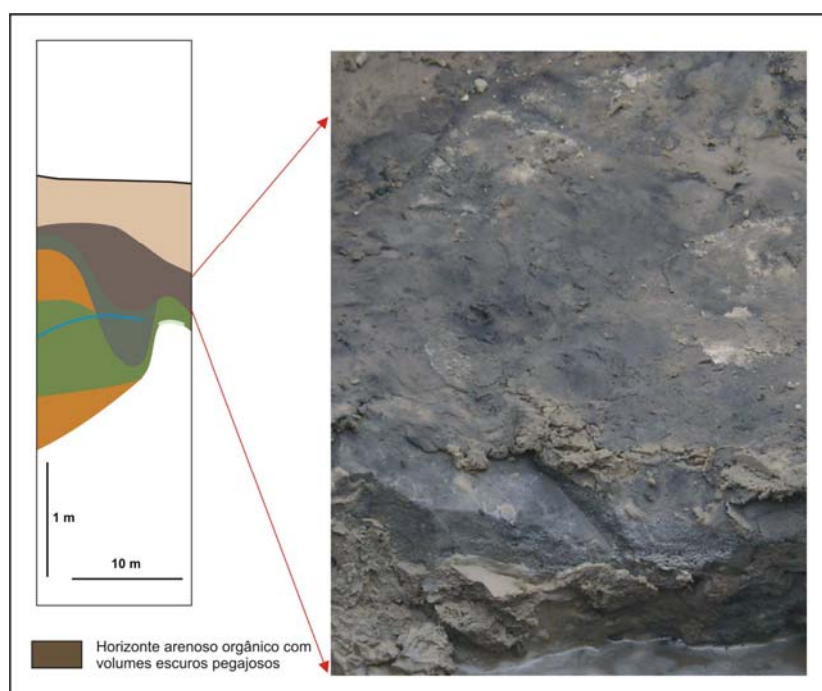


Figura 33 – Horizonte orgânico.

3. Horizonte areno-argiloso cinza oliva: com a cor variando 2.5Y 4/2, 5/2 – 6/2 de textura média aparentemente material mais argiloso com uma camada homogeneia apresentado no interior desta camada nódulos bem cimentados que variam de tamanhos milimétricos a centimétricos de cor esverdeada (Figura 34).

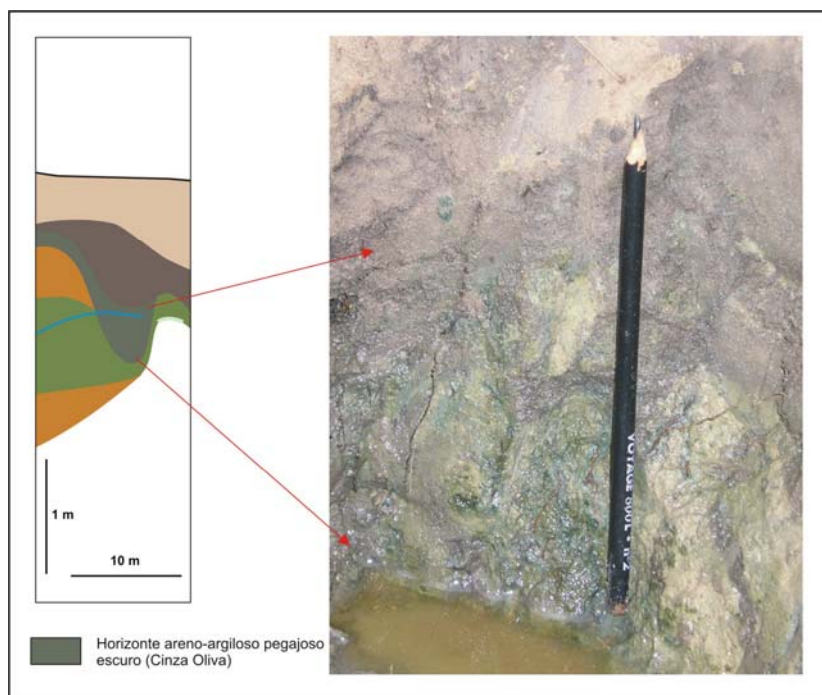


Figura 34 – Horizonte areno-argiloso cinza oliva.

4. Horizonte areno-argiloso cinza oliva com manchas ocre: este horizonte apresenta as mesmas características do horizonte areno-argiloso cinza oliva com uma diferença ele aparece em pontos específicos do ambiente é marcada com a grande quantidade de nódulos e volumes ocre-ferruginosos cor predominante 10YR 5/3 numa matriz areno-argilosa de cor 5Y 5/2 (Figura 35).

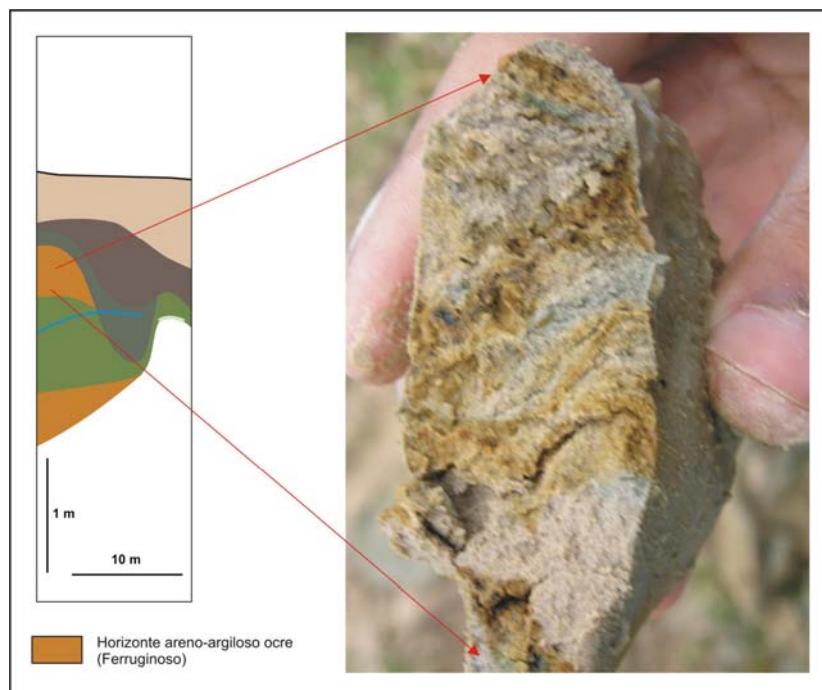


Figura 35 – Horizonte areno-argiloso cinza oliva com manchas ocre.

5. Horizonte orgânico (Tipo Turfa): este horizonte é marcado pela presença de um material de cor escura com variações de tonalidades, porém sempre de matriz escura entre 10YR 3/1 ao 10YR 2/1, composto por um material consistente e aderente e de fácil penetração do trado (Figura 36).

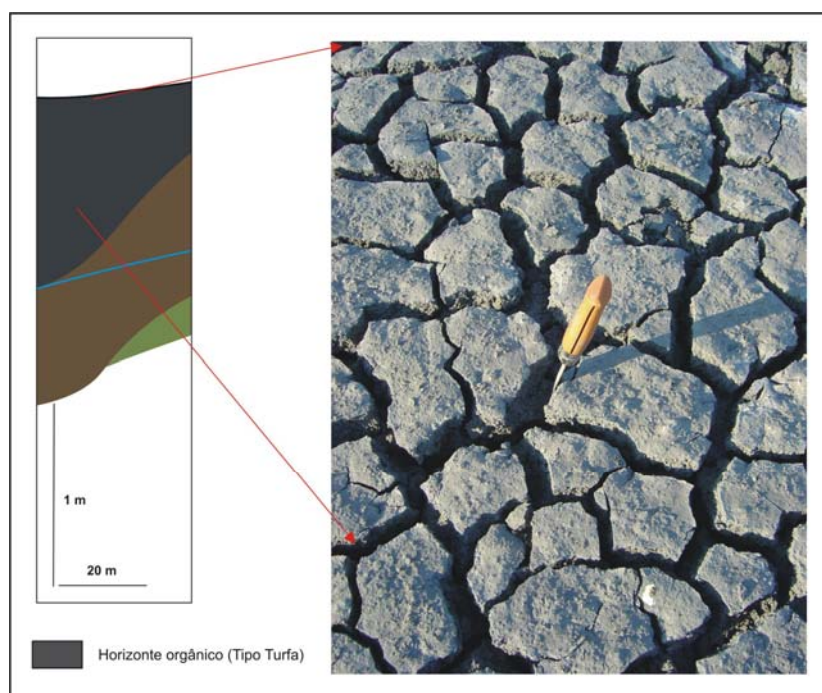


Figura 36 – Horizonte orgânico - gretas (Tipo Turfa).

6. Horizonte argilo-arenoso (Camada Verde): camada de coloração esverdeada, muito úmida, cimentada e suavemente plástica, variando entre o verde 4G e 5G, o oliva 5Y 6/4 (Figura 37).

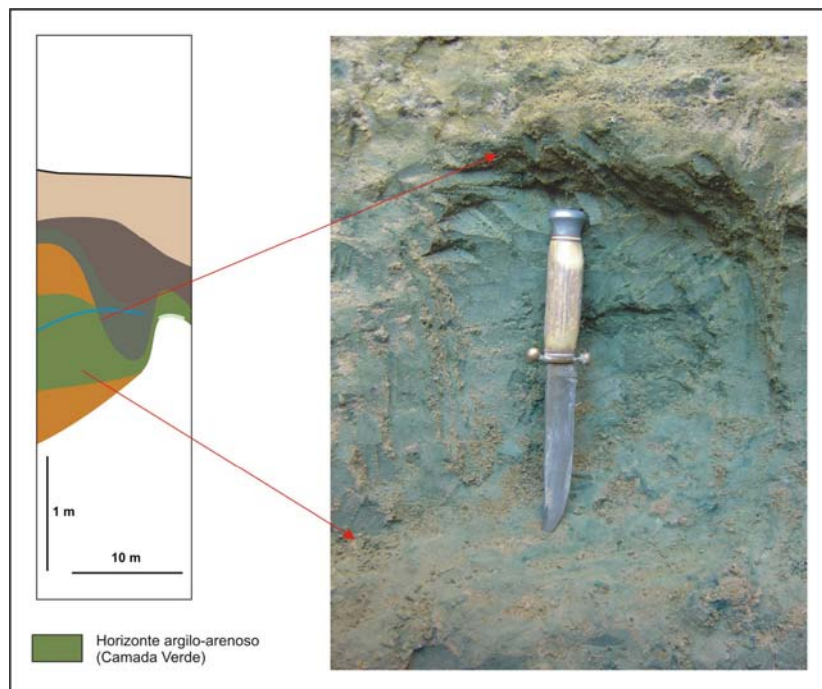


Figura 37 – Horizonte argilo-arenoso (Camada Verde).

7. Laje: este tipo de camada é impermeável e pode ser encontrado tanto em superfície como em profundidade em locais específicos dos horizontes dos ambientes estudados (Figura 38).

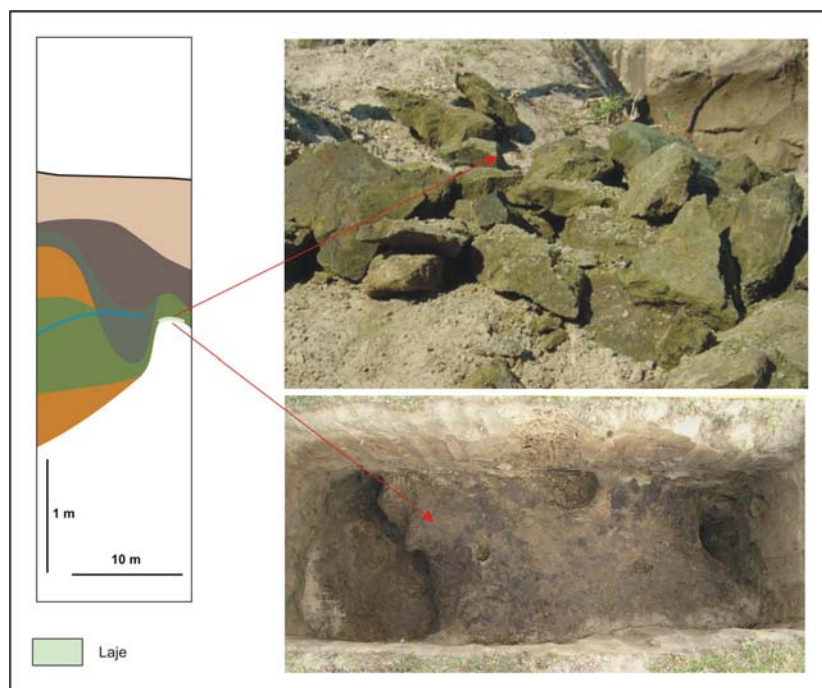


Figura 38 – Laje (horizonte endurecido).

Esses horizontes estão organizados vertical e lateralmente conforme as Figuras 39, 40 e 41.

As características morfológicas das topossequências estudadas apresentam pontos comuns, de tal modo que há a mesma sucessão vertical dos horizontes que, do topo até a base, apresenta um horizonte superficial arenoso e orgânico, seguido de um horizonte arenoso claro sob o qual se desenvolve um horizonte de acumulação de matéria orgânica em profundidade. Esses horizontes podem ser seguidos de um horizonte ligeiramente mais argiloso cinza oliva, de um horizonte areno-argiloso com manchas ocre e de uma camada verde que pode, localmente, podendo estar endurecida (laje) (Figura 39 e 40).

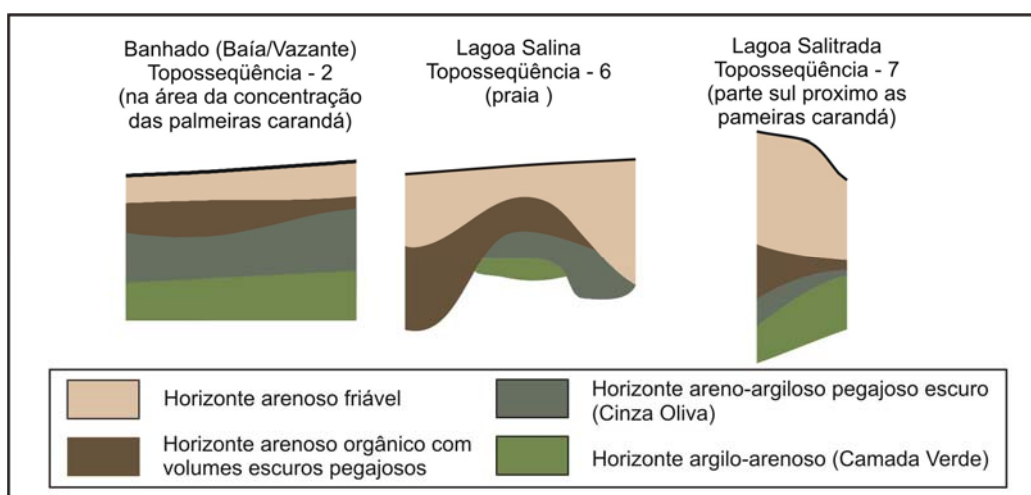


Figura 39 – Perfil morfológico com as sucessões verticais mais marcantes nos 3 ambientes.

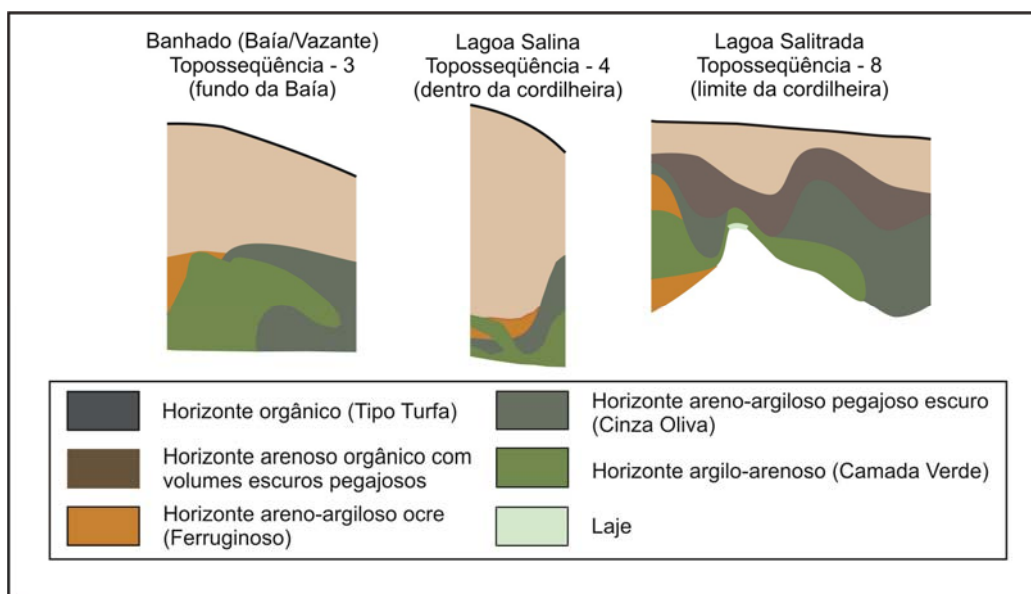


Figura 40 – Perfil morfológico com a presença do horizonte areno-argiloso cinza oliva com manchas ocre.

O horizonte orgânico superficial (tipo turfa) é marcante na parte central da lagoa salitrada (Figura 41) uma vez que ela seca anualmente e ele também aparece na lagoa salina nos períodos mais secos (Foto 7 e 8)

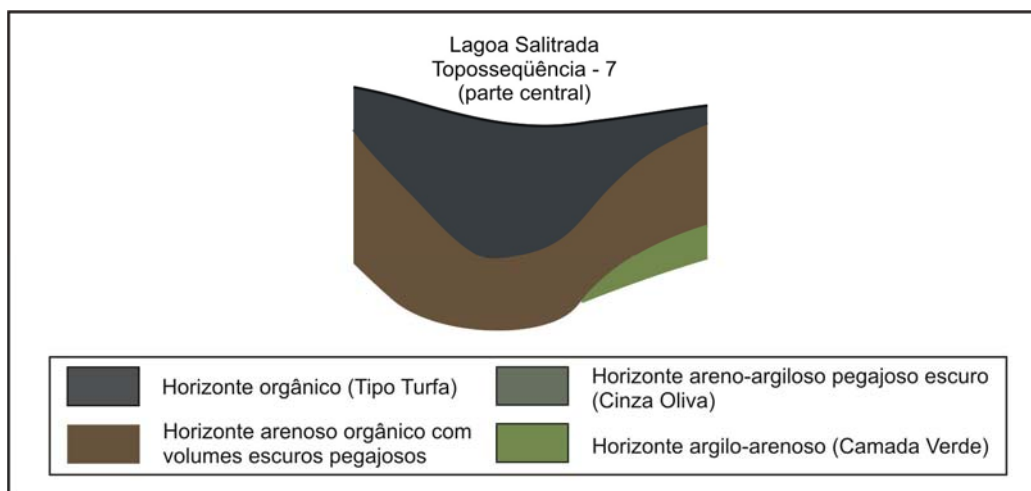


Figura 41 – Perfil morfológico do horizonte “turfoso” na lagoa salitrada.



Foto 7 – Lagoa salina no período de seca em setembro 2005.



Foto 8 – Lagoa salitrada no período de seca setembro de 2005.

Também se observam ondulações da camada verde relativamente similar na Salina do Meio e na Salitrada (Figura 42).

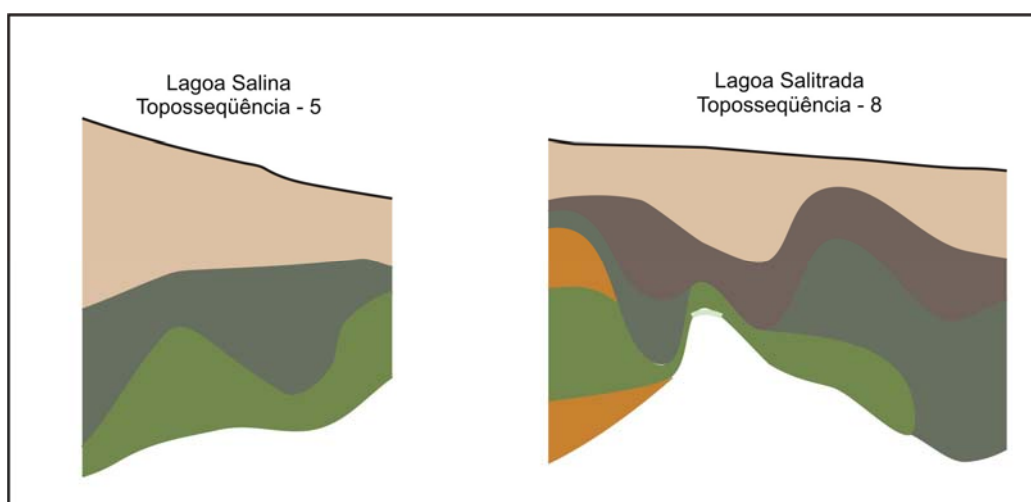


Figura 42 – Ondulações da camada verde.

As diferenças entre as toposseqüências estudadas dizem respeito:

1 – à descontinuidade espacial dessas organizações, em particular na lagoa do Banhado (baía/vazante), com a presença ou não da camada verde;

2 – a presença do horizonte areno-argiloso ocre localizado em pontos isolados tanto nos horizontes da parte mais elevada da cordilheira como nos horizontes do limite entre a cordilheira e lagoas salina e salitrada como também no fundo da lagoa do banhado (baía/vazante); e

3 – à presença de um horizonte orgânico tipo turfa localizado na parte central da lagoa salitrada com uma espessura, da superfície até uma profundidade máxima de 1,80 metros deste ambiente.

5.2 O Comportamento da Oscilação do Lençol Freático.

As oscilações sazonais do lençol freático analisado numa série de dados coletados no período de 20/10/1998 a 15/10/2002 na linha piezométrica apresentam um papel diferenciado ao longo da seqüência dos piezômetros.

Verificou-se que a oscilações do lençol freático na borda da cordilheira no sentido da vertente da lagoa salina apresentou um comportamento particular do lençol freático nos piezômetros P2 e P3 (Gráfico 1).

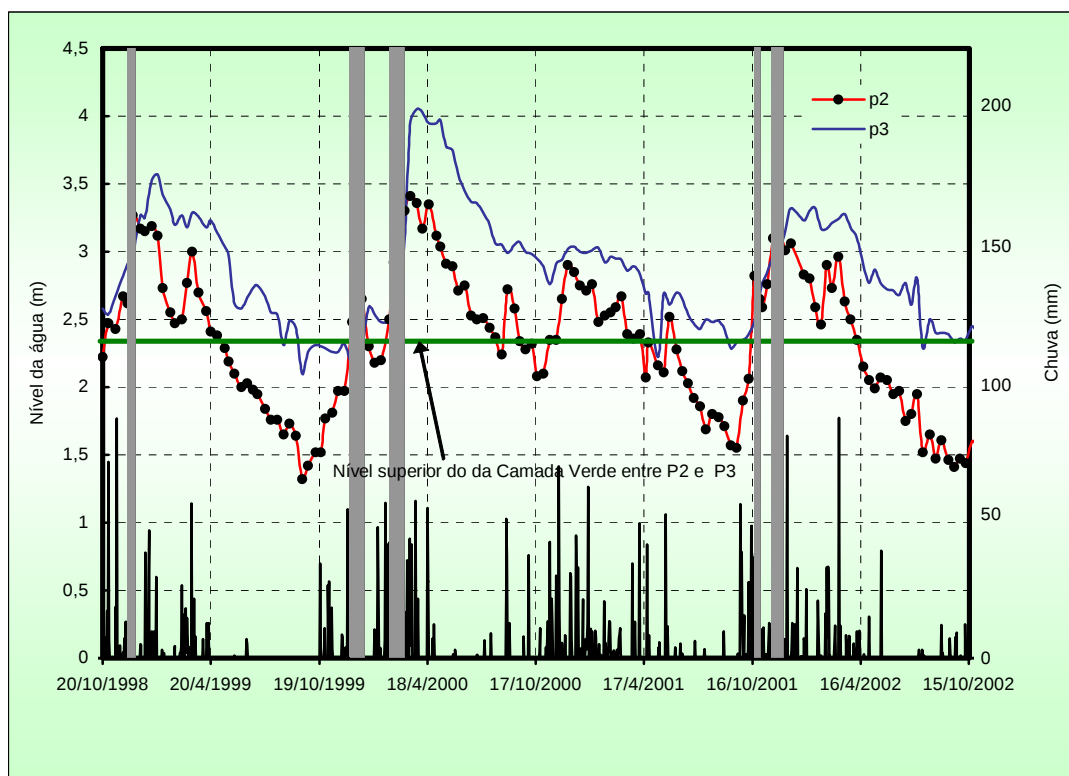


Gráfico 1 – Gráfico comparativo entre os piezômetros P2 e P3 oscilação do lençol freático e o índice de chuva na Fazenda Nhumirim (BARBIÉRO et al, 2005).

A figura apresenta a oscilação do lençol freático em conformidade com a presença ou não de chuva. Neste gráfico, podemos verificar o comportamento do lençol freático entre os piezômetros P2 e P3 tanto em relação a chuva quanto a morfologia do solo. A resposta do P2 em relação ao período de chuva é mais rápida e chega a ultrapassar, temporariamente o nível de P3.

Podemos observar também que nos períodos mais secos, ou seja, de estiagem o lençol freático fica abaixo da subida da camada verde apresentando um corte de fornecimento de água sub-superficial a lagoa salina.

5.3 Estudo topográfico da Lagoa Salitrada

A oscilação da topografia é de 1,78 m com um desvio padrão de 18,75 cm. A distribuição dos dados de topografia se aproxima de uma distribuição normal conforme o histograma apresentado no Gráfico 2.

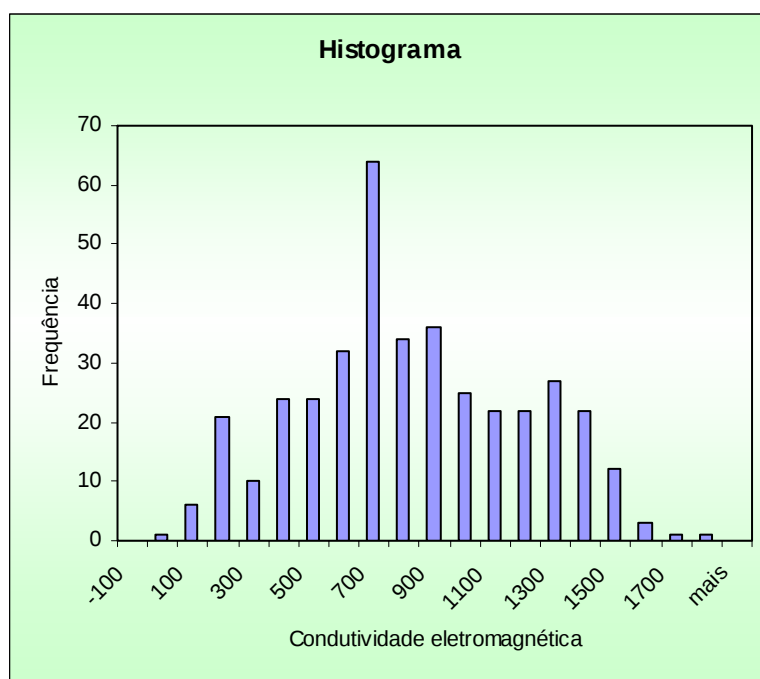


Gráfico 2 – Histograma dos dados da topografia da lagoa salitrada.

O semivariograma experimental construído a partir dos dados brutos (Gráfico 3) foi melhor ajustado com um modelo linear apresentando seguinte característica: sem o efeito pepita, apresenta uma declividade de $650 \text{ cm}^2/\text{m}$

e ligeira anisotropia de relação 2 na direção norte/noroeste (ângulo de $108,7^\circ$). Esse modelo foi usado para a extrapolação dos dados e elaboração do mapa.

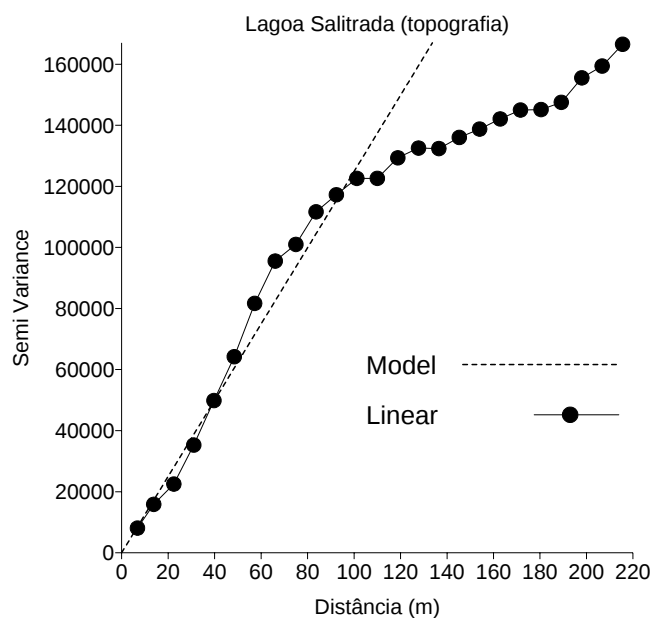


Gráfico 3 – Semivariograma dos dados da topografia da lagoa salitrada.

A lagoa Salitrada se configura num formato de oito com duas unidades ligadas entre si por uma depressão na parte central, que se alonga no sentido noroeste (Figura 43 e 44).

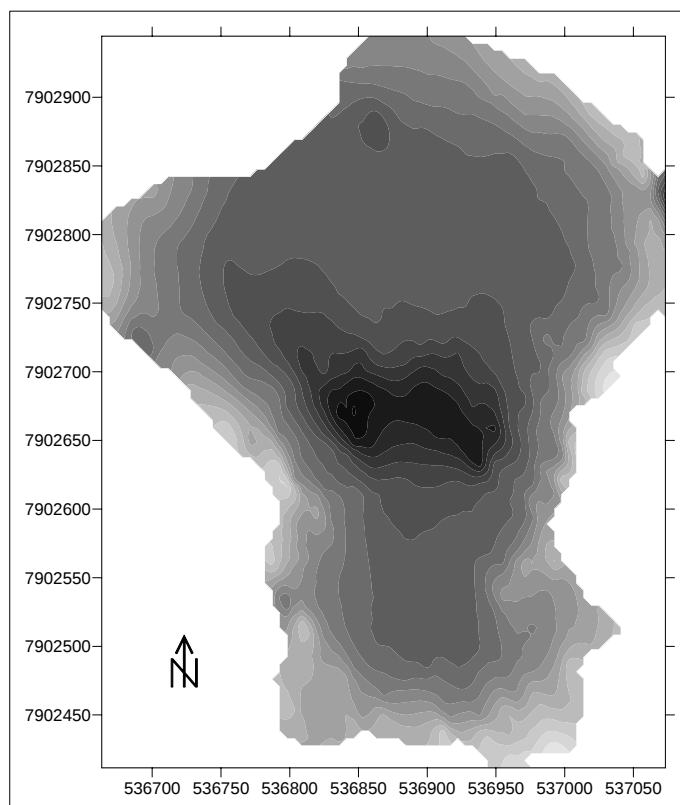


Figura 43 – Mapa da topografia da lagoa salitrada.

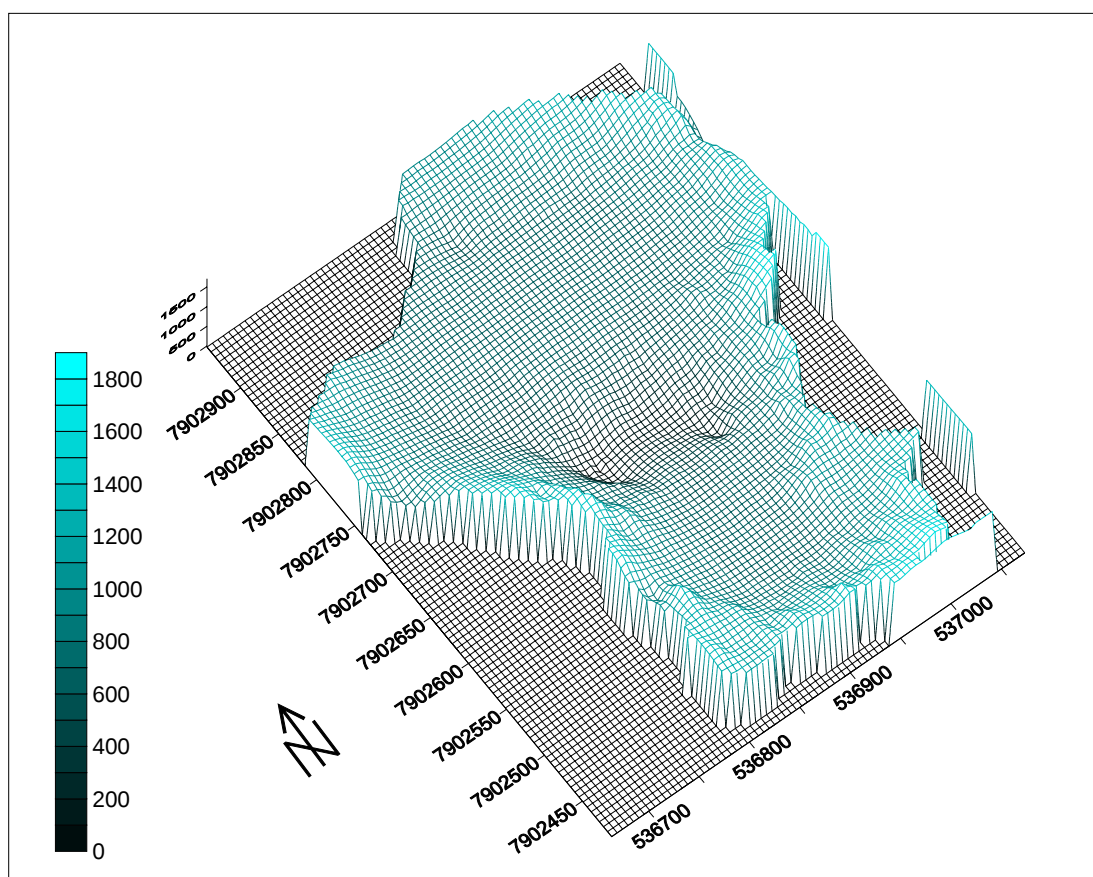


Figura 44 – Bloco diagrama da topografia da lagoa salitrada.

5.4 Mapeamento da condutividade eletromagnética nas três unidades da paisagem: Banhado (baía/vazante), Lagoa Salina e Lagoa Salitrada.

5.4.1 Geoestatística descritiva

As três unidades mapeadas se caracterizam por apresentar uma gama de salinidade diferenciada, isto é, não salino (Baía/Vazante), intermediário (Lagoa Salitrada) e salino (Salina do Meio). Os resultados do mapeamento da condutividade eletromagnética estão resumidos na tabela 1

UNIDADES	MÁXIMA mS/m	MÍNIMA mS/m	MÉDIA mS/m	DESVIO PADRÃO mS/m	Nº DADOS
Banhado (baía/vazante)	80	0	12,77	10,75	685
Lagoa Salina	420	15	160	63,29	863
Lagoa Salitrada	141	4	46	21,58	431

Tabela 1 – Resultados dos dados coletados nos três ambientes.

5.4.2 Histogramas

A espacialização dos dados de condutividade eletromagnética do banhado (baía/vazante) não segue uma lei normal (Gráfico 4). Porém, ao verificar a validade dos dados através da transformação logarítmica dos valores de condutividade eletromagnética, esta fornece uma distribuição que se aproxima melhor de uma lei normal, sendo assim os dados são representativos para o método utilizado (Gráfico 5). Entretanto, a espacialização dos dados de condutividade eletromagnética da Lagoa Salina e da Salitrada se aproxima de uma distribuição normal conforme aparecem nos Gráficos 6 e 7 conforme segue:

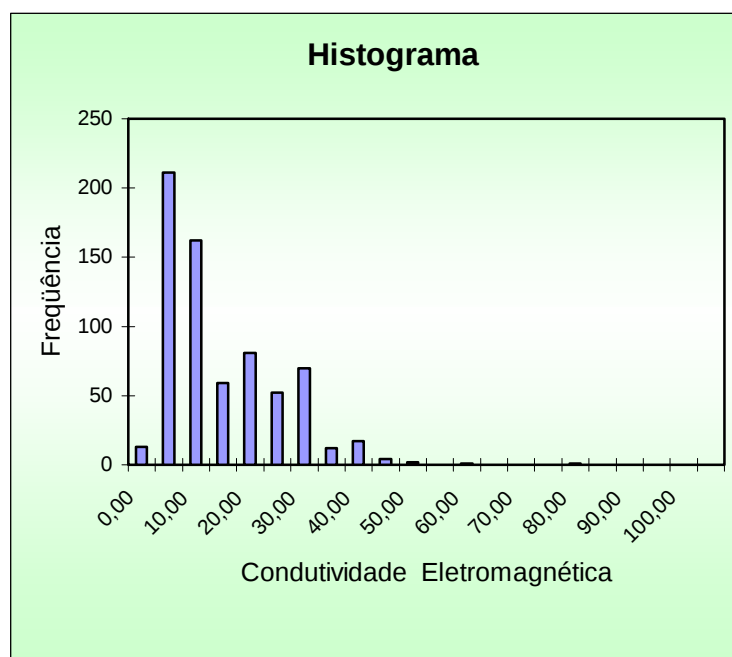


Gráfico 4 – Histograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética do banhado (baía/vazante).

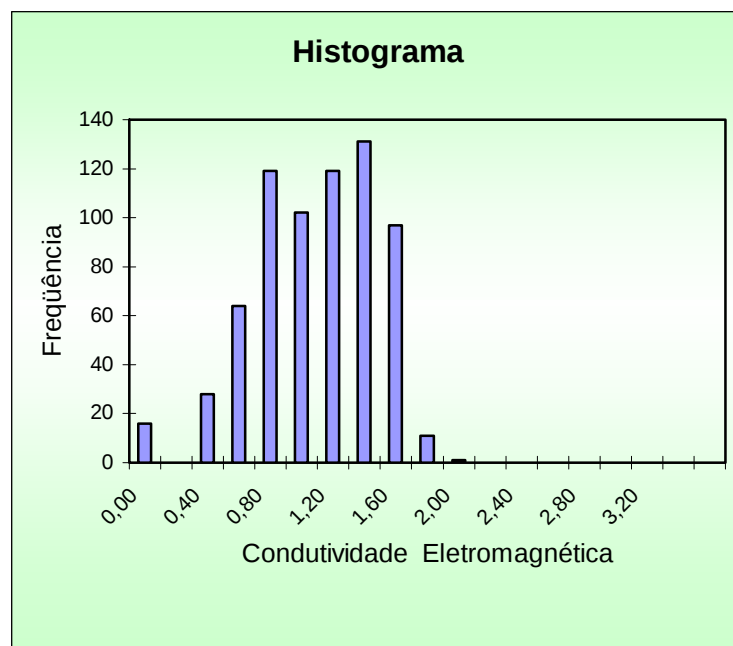


Gráfico 5 – Histograma dos dados com transformação logarítmica de condutividade eletromagnética do banhado (baía/vazante).

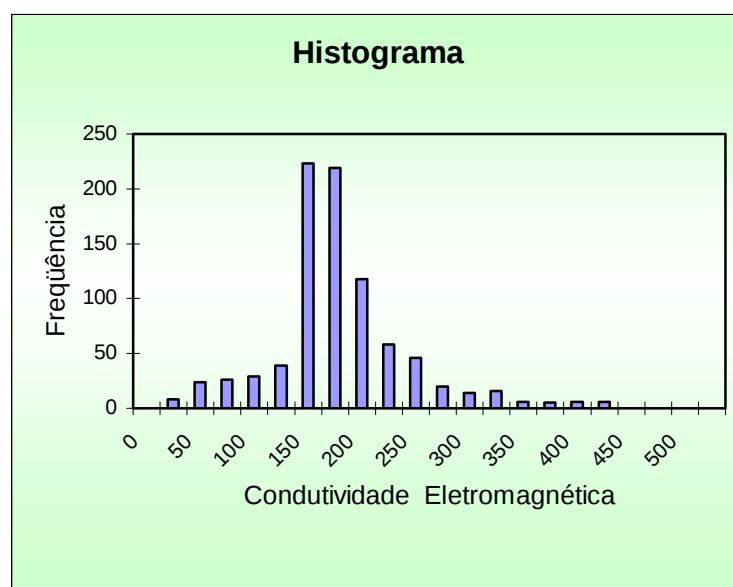


Gráfico 6 – Histograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salina.

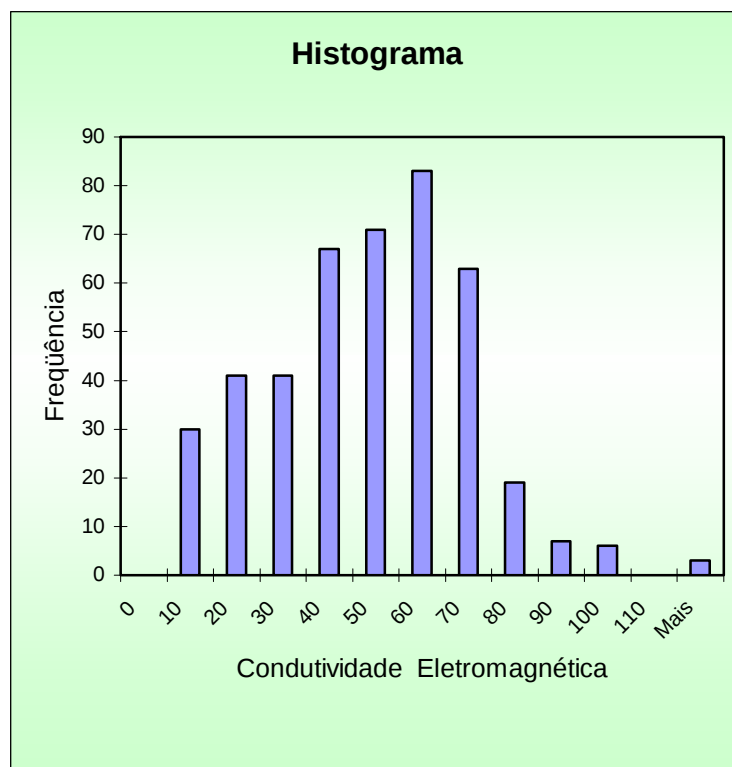


Gráfico 7 – Histograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salitrada.

A transformação logarítmica foi realizada conforme a formula abaixo:

$$z(x_i) = \ln(s(x_i) + 1)$$

Onde

$s(x_i)$ é o valor de ECm no ponto x_i ,

$z(x_i)$ é a transformação logarítmica do valor e,

a constante 1 foi adicionada porque alguns valores de $s(x_i)$ foram nulos (= 0) e o logaritmo de 0 não é definido.

Esse tipo de transformação foi preconizado por Dowd (1984). Para a elaboração da carta, os dois tipos de espacialização foram conservados. Os dados brutos serviram para comparar as cartas das diferentes unidades (Banhado (baía/vazante), Lagoa Salina e Lagoa Salitrada) e os dados transformados serviram para a análise da distribuição espacial do Banhado (baía/vazante).

5.4.3 Semivariogramas

Banhado (baía/vazante)

O semivariograma experimental elaborado a partir dos dados brutos (Gráfico 8) foi melhor ajustado com um modelo de tipo exponencial, apresentando as seguintes características: sem efeito pepita, com patamar de 145 (mS/m)^2 , com distância de 70 m e ligeira anisotropia com relação 2 na direção leste/oeste (ângulo de 0°).

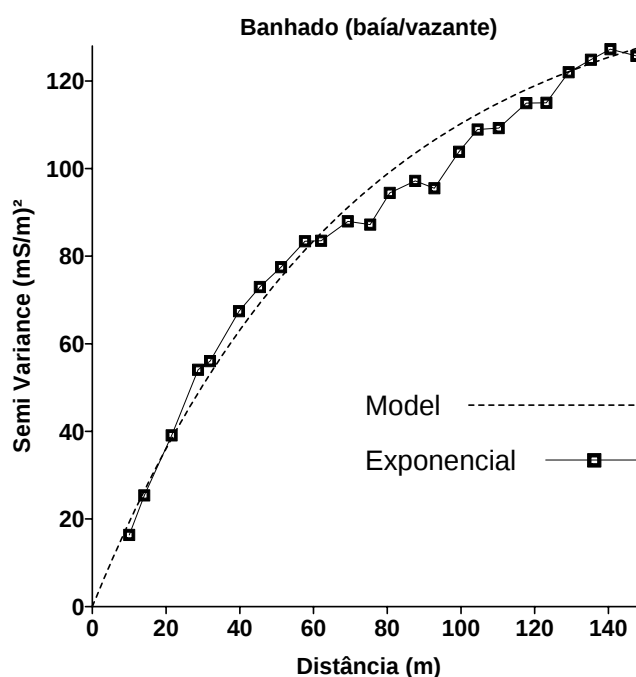


Gráfico 8 – Semivariograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética do banhado (baía/vazante).

Nessa mesma unidade, o semivariograma experimental, elaborado a partir dos dados transformados (Gráfico 9), foi melhor ajustado por um modelo de tipo linear, sem efeito pepita, com declividade de $0,00143 \text{ (Log(mS/m))}^2/\text{m}$ e sem anisotropia.

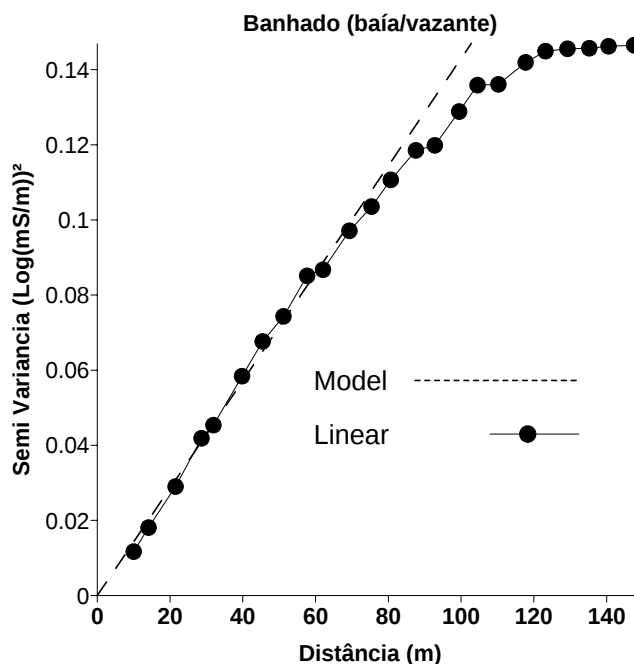


Gráfico 9 – Semivariograma dos dados com transformação logarítmica de condutividade eletromagnética do banhado (baía/vazante).

Lagoa Salina do Meio

No Gráfico 10, é apresentado o semivariograma experimental da Lagoa Salina do Meio. Esse semivariograma experimental foi melhor ajustado com o modelo exponencial, sem efeito pepita, com patamar 3.300 (mS/m)^2 , com distância de 17 m e anisotropia com relação 2 na direção leste/nordeste (ângulo de 26°).

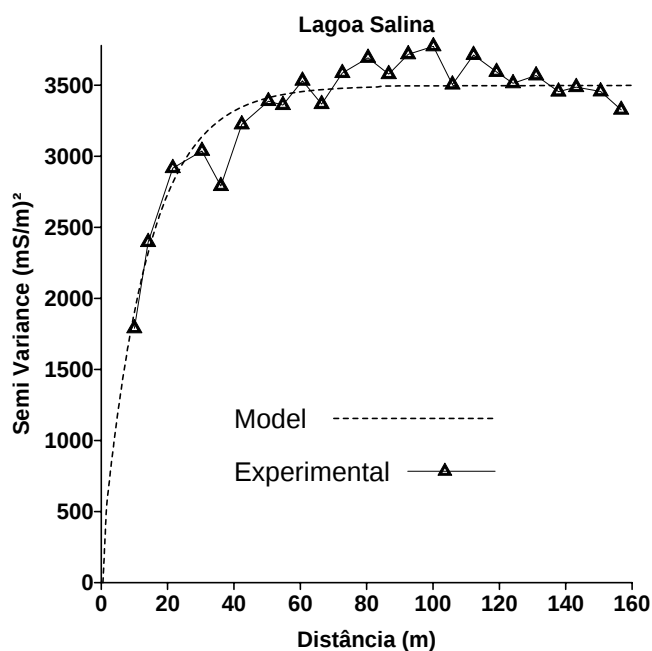


Gráfico 10 – Semivariograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salina.

Lagoa Salitrada

O semivariograma da Lagoa Salitrada, apresentado no Gráfico 11, construído a partir dos dados brutos, foi melhor ajustado com o modelo linear, com efeito pepita de 83 (mS/m)^2 , com declividade $2 \text{ mS}^2/\text{m}$, anisotropia de relação 1,2 na direção norte ligeiramente leste (ângulo de 80°).

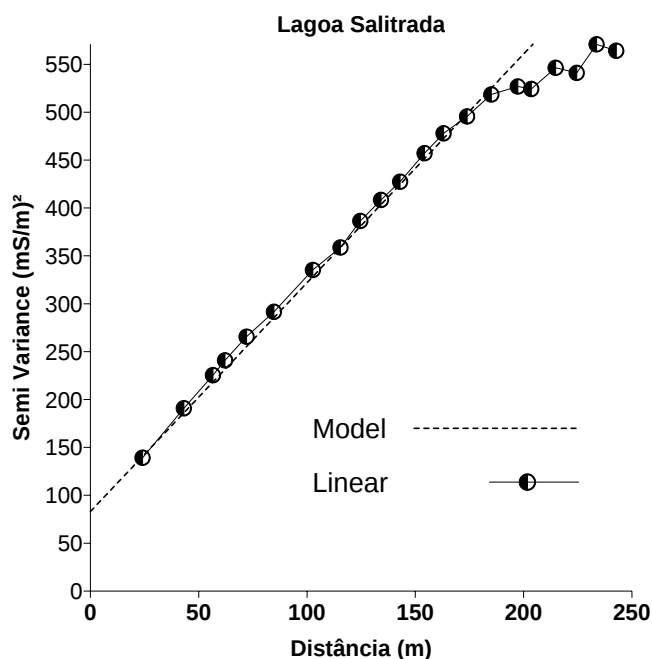


Gráfico 11 – Semivariograma dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salitrada.

5.4.4 Elaboração de mapas por krigeagem

As Figuras 45, 46, 47 e 48 mostram, respectivamente, os mapas da condutividade eletromagnética do Banhado (baía/vazante), lagoa Salina e lagoa Salitrada.

Banhado (baía/vazante)

No Banhado (baía/vazante) o mapa de condutividade revela valores mais elevados na parte sul e sudeste formando um semicírculo descontínuo entre 20 e 40 metros da borda da lagoa (Figura 45 e 46).

Foram elaborados dos mapas de condutividade eletromagnética dos dados brutos e dos dados com transformação logarítmica, por entendermos que os dados brutos não seguiam uma lei normal, apesar da transformação

dos dados. Pudemos constatar que as estruturas de distribuição de condutividade eletromagnética que aparece nos mapas são muito similares.

Dentro deste contexto, o mapa elaborado a partir dos dados brutos foi considerado satisfatório para análise comparativa com os mapas dos demais ambientes por sua vez também elaborado a partir dos dados brutos.

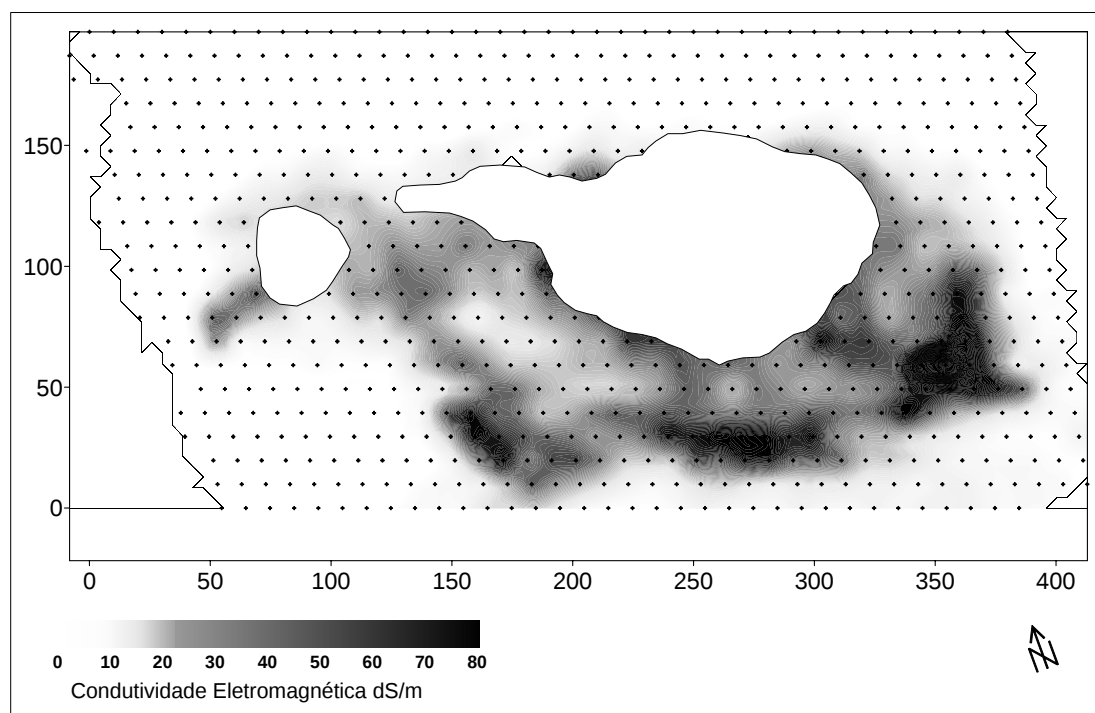


Figura 45 – Mapa dos dados brutos de condutividade eletromagnética do banhado (baía/vazante).

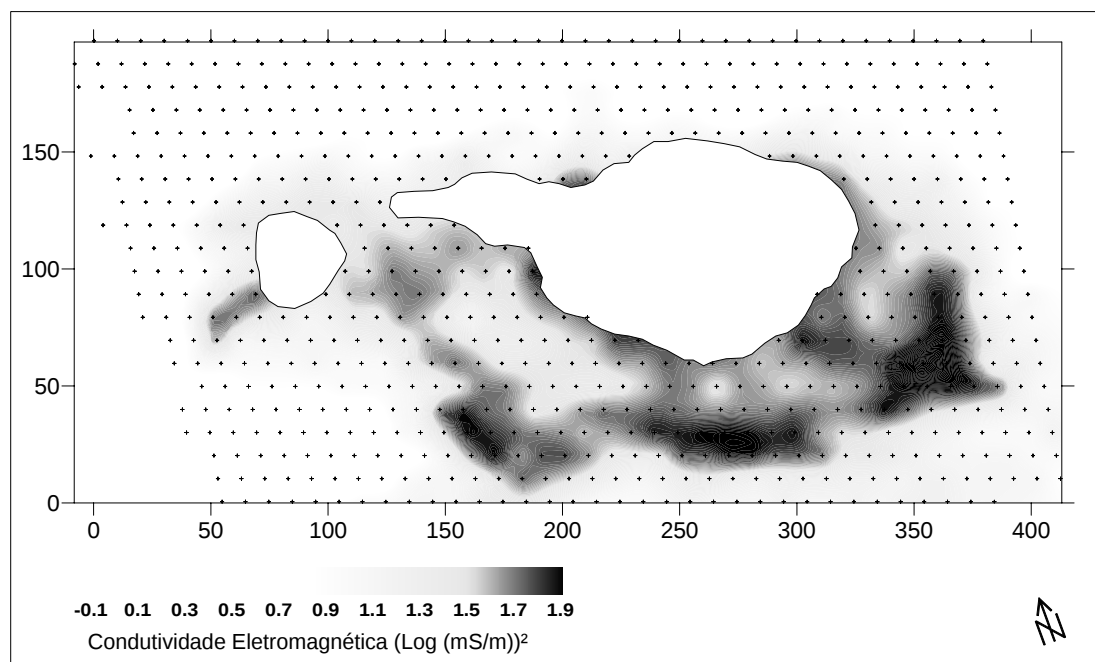


Figura 46 – Mapa dos dados com transformação logarítmica de condutividade eletromagnética do banhado (baía/vazante).

Lagoa Salina do Meio

As estruturas que se configuram no mapa confirmam a grande gama de condutividade eletromagnética nessa unidade e revelam dois anéis com maior condutividade: um mais contínuo localizado a 60 metros da borda da salina (anel externo) e outro, menos marcado, localizado a 40 metros da borda da salina (anel interno) (Figura 47).

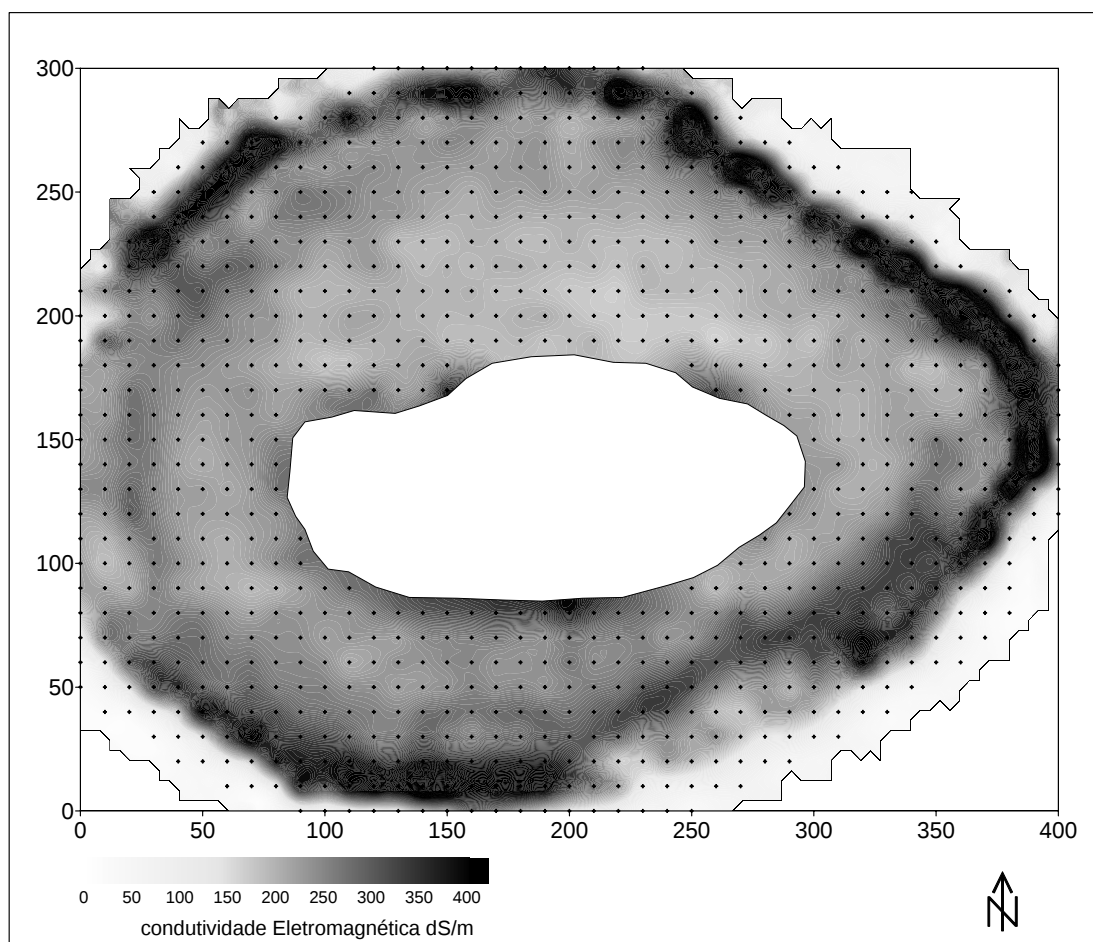


Figura 47 – Mapa dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salina.

Lagoa Salitrada

O mapa da lagoa Salitrada também confirma a presença de valores de condutividade eletromagnética, de valores intermediários entre os valores do Banhado (baía/vazante) e da Lagoa Salina. Apesar da distribuição dos valores ser muito menos contrastado do que no caso precedente, também se observa nesse mapa: a configuração de um anel descontínuo na parte sul da Lagoa; uma zona de maior condutividade ocorre na depressão que junta

as partes norte e sul da Lagoa; na parte norte, ocorre uma mancha isolada com maior condutividade mas não ligada à depressão central (Figura 48).

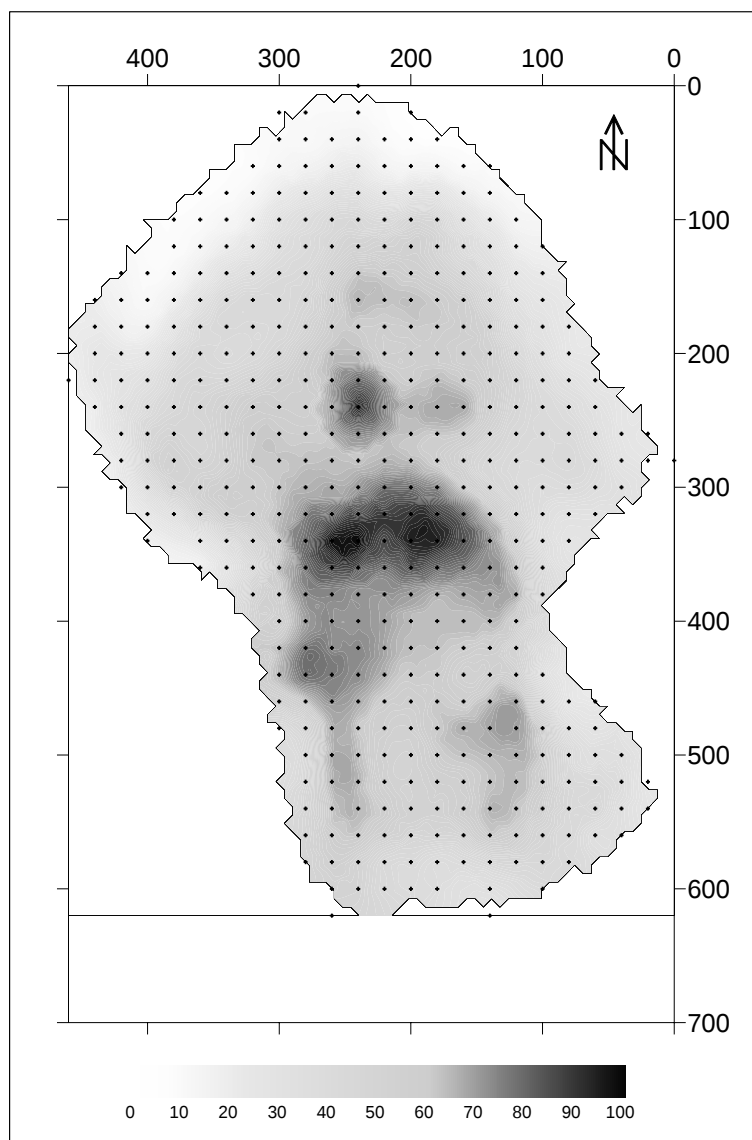


Figura 48 – Mapa dos dados brutos de condutividade eletromagnética da lagoa salitrada.

5.5 Correspondência entre condutividade eletromagnética e cobertura pedológica.

O estudo da cobertura pedológica ao longo das topossequências realizadas nas diferentes unidades permite mostrar uma certa correspondência entre a morfologia da cobertura pedológica e a distribuição da condutividade eletromagnética.

Banhado (baía/vazante)

No Banhado (baía/vazante), as zonas com alta condutividade eletromagnética se encontram associadas à presença da camada verde e, conseqüentemente, do horizonte orgânico mais próximo da superfície.

Esta correspondência aparece claramente na Figura 24 da topossequência 2, onde aparecem superpostas a morfologia do solo e as medidas de condutividade eletromagnética. Observa-se que os pontos de maior condutividade correspondem às áreas onde: na topossequência 1 (Figura 23), se localiza apenas uma palmeira carandá isolada e, na topossequência 2, há a ocorrência de uma concentração de palmeiras carandás, que coincide, no perfil topográfico, com uma a presença da camada verde e do horizonte orgânico mais próximo da superfície. Há uma correspondência importante entre alta condutividade eletromagnética e distribuição das palmeiras carandás, já assinalada em trabalhos anteriores (Rezende Filho, 2003: 40). “A distribuição das palmeiras carandás está ligada diretamente com a alta condutividade eletromagnética do solo, que, por sua vez, está relacionada com os elevados valores de salinidade”.

A camada verde aparece de forma descontínua na área do Banhado (baía/vazante), conforme sugere o mapa de condutividade (Figura 45).

Lagoa Salina do Meio

Neste caso, o estudo da cobertura pedológica mostra que o anel externo corresponde a presença da camada verde em profundidade, em torno de 1,80 m, onde ocorre uma depressão interna na camada do solo formando uma calha em profundidade que circunda a Salina. Durante a prospecção, foi encontrada água dentro desta calha apresentando uma condutividade elétrica bastante elevada, variando de 23.000 a 30.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, influenciando na resposta do EM38. Por sua vez, o anel interno corresponde a uma elevação da camada verde que se aproxima, em torno de 77 cm da superfície do solo. Isto pode ser constatado na Figura 27, representando na topossequência 5, no Tr1 e 87 cm na topossequência 6 entre T2 e Tr1 na Figura 28.

Lagoa Salitrada

Na lagoa Salitrada, o anel com maior condutividade eletromagnética encontrada na parte sul corresponde a uma saliência da camada verde similar à morfologia observada na Salina do Meio (anel interno). Uma depressão da camada verde é observada ao redor desse anel, mas contrariamente à Salina do Meio, não apresentou água concentrada no momento da prospecção e, portanto não aparece no mapa como uma estrutura diferenciada com maior condutividade. Pode-se observar a ondulação da camada verde na Figura 30, que está representada na topossequência 8, entre Tr2 e T3 no lado oeste e apresenta também a mesma ondulação no lado leste da mesma topossequência entre Tr1 e T13.

A parte central da lagoa, na parte mais deprimida apresenta maior condutividade, com a presença um horizonte orgânico, tipo turfa, com mais ou menos 1,80 m de espessura da superfície. Não foram feitas observações da cobertura pedológica sobre a mancha isolada de alta condutividade, o que não nos permite estabelecer correspondência entre solo e condutividade eletromagnética.

CAPÍTULO VI

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A área de estudo apresenta uma topografia ligeiramente ondulada, característica da sub-região da Nhecolândia. Entretanto, apresenta variação dos elementos da paisagem em curtas distâncias não mais de 1000 metros, a exemplo da seqüência dos ambientes estudados: banhado (baía/vazante) – lagoa salina – lagoa salitrada, que estão sob as mesmas influências climáticas, porém respondem de formas diferenciadas: as baías apresentam águas de concentração baixa de sais, as salinas com alta concentração de sais e nas lagoas salitradas a concentração de sais ocorre conforme as variações sazonais.

Esta variabilidade pode ser percebida na superfície do terreno pela distribuição da vegetação a exemplo disso, como constatado na área de concentração das palmeiras carandás, associada à concentração de sais no solo e na água sub-superficial.

6.1 Análise da cobertura pedológica

Sobre a maior parte da área estudada, o conjunto da cobertura pedológica apresenta-se em formas similares, mas com algumas particularidades que se repete ao longo dos três ambientes. Nas áreas onde a condutividade elétrica é elevada, observa-se uma configuração particular do perfil do solo (Figuras 24, 27, 28, 29, 30), apresentando do topo até a base: um horizonte superficial arenoso, seguido de um horizonte arenoso espesso, com uma acumulação de matéria orgânica em profundidade; em seguida a presença de um horizonte ligeiramente mais areno-argiloso, cinza oliva, com volumes ou nódulos esverdeados, seguidos de camada verde cuja parte superficial apresenta endurecida, nesta parte do perfil. O lençol freático apresentava um pH elevado e de forma confinada. Morfologicamente, este ambiente lembra um perfil de um Podzol, contudo os traços pedológicos característicos que apresenta, tais como: instabilidade

estrutural, estrutura particular, pH elevado acima de 9, confirmam uma diferenciação em via alcalina. A acumulação profunda de matéria orgânica, fina e sem elementos figurados, aparece como uma consequência da solubilização da matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) em meio alcalino. A acumulação de matéria orgânica nos perfis em profundidade pode ser explicada pela dissolução da matéria orgânica por meio das águas com altas concentrações de sais.

A presença de um horizonte esverdeado, ou seja, camada verde ligeiramente argiloso possibilita fazer uma interpretação: pode tratar-se de um horizonte impermeável, com desenvolvimento local tendo como particularidade a sua configuração na cobertura pedológica, em torno da lagoa salina, onde se apresenta mais preservado. Esta configuração mostra claramente duas ondulações desta camada no entorno da lagoa: uma no início da praia e outra próxima da cordilheira, formando assim uma calha, em forma de anel circular, que represa na estação seca parte da água do lençol freático com uma alta concentração de sais.

Portanto, a variabilidade da condutividade elétrica do solo pode ser caracterizada pela organização espacial de salinidade do lençol freático. Deste modo, podemos relacionar a distribuição de salinidade do lençol freático com a configuração da camada verde no perfil morfológico entre o contorno da lagoa e a proximidade da cordilheira.

Outra particularidade que nos chamou a atenção foi a configuração do perfil morfológico em determinados pontos de algumas toposseqüências que apresenta um horizonte verde oliva com concreções e volumes ocre-ferruginosos. Esse horizonte aparece sempre associado à dissolução/destruição da camada verde. No banhado, aparece claramente no fundo da baía (Figura 25), na lagoa salina aparece em profundidade somente na parte mais elevada da vertente do interior da mata da cordilheira (Figura 26) e na lagoa salitrada foi encontrado no contato da cordilheira com a área da lagoa (Figura 30).

A cobertura pedológica encontrada e estudada em particular nestes três ambientes tem uma representação de caráter regional no Pantanal da Nhecolândia, porque este tipo de organização de estrutura da cobertura pedológica e as particularidades dentre elas as diferentes ondulações da

camada verde, formando anéis que circundam o entorno das lagoas salinas conforme já estudadas e descritas em outras áreas do Pantanal da Nhecolândia (SAKAMOTO, 1997 e SILVA, 2004).

6.2 Relação genética entre os três ambientes

Os três ambientes apresentam os processos de formação da cobertura pedológica similares. O sistema mais completo aparentemente é o sistema da lagoa salina do meio.

Banhado (baía/vazante)

O sistema da cobertura pedológica aparece claramente um anel descontínuo que é uma estrutura cortada pelo ambiente mais arenoso, essa organização só pode ser interpretada como uma destruição da camada verde através da entrada de águas ácidas e da entrada de solos arenosos.

Lagoa Salina do Meio

A boa correspondência entre a morfologia do solo e o mapa de condutividade eletromagnética do solo e em particular dos dois anéis do entorno da lagoa salina mostram que as ondulações da camada verde da cobertura pedológica correspondem às estruturas contínuas e estão relacionadas à presença de água durante o ano todo, permitindo, possivelmente a precipitação de sais, mantendo a salinidade da lagoa salina.

O funcionamento deste ambiente tem um papel fundamental no desenvolvimento da cobertura pedológica.

Estudos futuros deverão ser focalizados nas condições que poderiam favorecer o entendimento de tais ondulações em função do funcionamento das lagoas salinas e da sua correspondência com a circulação da água.

Lagoa Salitrada

Este ambiente mostra mais claramente a junção de duas unidades mediante forma de um oito no sentido nordeste-sudoeste. Apresenta um tipo de vegetação diferenciado em cada borda do formato: a palmeira babaçu na face norte e a palmeira carandá na face sul.

Na parte sul, apresenta um anel que corresponde à estrutura da ondulação interna da cobertura pedológica (camada verde), similar à observada na lagoa salina do meio, e um outro anel menos marcado na parte norte, mas, ainda não analisado a sua correspondência com a cobertura pedológica.

A junção entre as duas unidades se caracteriza por uma área deprimida com a presença de um horizonte constituído com bastante matéria orgânica, tipo turfa.

A presença desse horizonte orgânico pode ser explicada pela circulação atual da água. A presença de camada verde pouco permeável provoca uma drenagem, lateral sub-superficial em direção a essa depressão e com a presença do pH elevado que ocorre neste tipo de ambiente, favorece a dissolução da matéria orgânica e a sua migração com a circulação da água, isso resulta num horizonte orgânico onde a água vai evaporar e precipitando a matéria orgânica dentro do solo, sendo assim os sais seguem o mesmo caminho.

6.3 Análise do funcionamento do lençol freático em relação a morfologia do solo e as incidências de chuvas.

No interior da cordilheira o lençol freático apresentou níveis baixos nos períodos de seca mais prolongada, fato esse, atribuído aos processos de evapotranspiração mais intensos que contribuem para extrair água do lençol freático através das raízes, uma vez que a cobertura vegetal é mais desenvolvida que nos outros ambientes e o efeito de evapotranspiração pode alcançar superfícies freáticas situadas a mais de 10 m de profundidade (BACANI, 2004).

Bacani (2004) observou também que na área de banhado, onde o fluxo d'água sub-superficial apresentou direções relacionadas a sazonalidade, verificou-se que durante o período que corresponde à seca, a água migrou em direção ao entorno da baía, e no período chuvoso os piezômetros de seu entorno indicaram níveis mais altos, isto confirma a hipótese já defendida por Rezende Filho (2003, p.44): *“a altura do lençol freático diminui da lagoa para o exterior, isto traduz que, neste período do*

ano, a lagoa alimenta os arredores onde a evapotranspiração, sob a influência da vegetação, é mais forte”.

A recarga da lagoa salina é abastecida pelo lençol freático conforme observado por Queiroz Neto et al. (1996 p.148) “a lagoa salina é abastecida exclusivamente pelos fluxos sub-superficiais do lençol freático que existem no seu entorno”.

Seguindo as mesmas observações analisamos o comportamento do lençol freático em relação à estrutura pedológica na manutenção do abastecimento da lagoa salina com a água sub-superficial.

Isso ficou evidenciado no monitoramento do lençol freático na vertente da cordilheira em direção a lagoa salina (Gráfico 1) que a resposta da oscilação do lençol freático no piezômetro P2 está relacionado com a pluviosidade local, sendo que este piezômetro tem uma resposta de recarga muito rápida que a do piezômetro P3 no interior da cordilheira, dessa forma, em alguns momentos, o fluxo do lençol freático tem sentido cordilheira, levando assim água mais concentrada para o interior da cordilheira, compreendendo que esse sentido de fluxo e por um período curto, uma vez que a retomada da recarga no interior da cordilheira o fluxo volta a ser no sentido lagoa salina, mas essa alternância de fluxos está ligado diretamente com os períodos de chuvas locais e o abastecimento continuo da lagoa salina está ligado diretamente com os períodos de cheias.

No período de seca, apresenta uma outra situação bem particular desse ambiente que é marcado pela interrupção do fluxo do lençol freático ocasionado pela estrutura pedológica formada neste ponto do ambiente (Figura 26) que forma uma ondulação da estrutura pedológica marcada pelo horizonte argilo-arenoso (camada verde), formando tipo de soleira.

Desta forma, explica o aparecimento de dois tipos de lençol freático, sendo um com água ácida no interior da cordilheira (P3) e outro com água concentrada encontrado a partir do limite da cordilheira (P2).

Essa ondulação da camada verde no interior da cordilheira foi observada mediante a topossequência (Figura 26) e com o auxílio dos piezômetros e as medidas de pH da água do lençol freático durante as coletas de águas para análises que apresentou variação muito grande entre os dois piezômetros.

Com o auxílio do aparelho EM38 foram observadas mais duas ondulações da camada verde na área da lagoa salina (ambiente este que mantém suas características preservadas) uma ondulação próxima à lâmina d'água e uma outra próxima do limite com a cordilheira (Figuras 27 e 28) formando assim uma calha, onde confina uma parte do lençol freático no período seco; com a ação da evaporação esta água fica da vez mais concentrada formando uma área de alta condutividade elétrica do solo representada no mapa de condutividade eletromagnética do solo da lagoa salina (Figura 47).

Estas mesmas estruturas foram evidenciadas também na área do banhado (baía/vazante) e na lagoa salitrada com uma diferença nestes dois ambientes as estruturas não aparecem com o mesmo grau de preservação da lagoa salina.

6.4 Topografia da lagoa salitrada

A topografia apresentada nas Figuras 43 e 44 mostraram que a lagoa salitrada tem um formato de um oito, com uma depressão na parte central que aparenta ser uma ruptura da estrutura morfológica deste ambiente e ainda apresenta uma direção predominante desta depressão que se alonga no sentido noroeste. Aparentemente esta direção esta ligada ou não ao sentido dos fluxos de água sub-superficiais ou mesmo superficiais, pois nesta mesma direção existe uma abertura na cordilheira e um deposito de sedimentos superficiais (foto 9).



Foto 9 – Abertura na cordilheira no sentido da alongamento da depressão da topografia.

Os processos evolutivos da gênese de formação dos ambientes estudados apresentam duas vertentes de funcionamento, de um lado o processo atual de evaporação e concentração das águas, responsável pelo acúmulo de sais nestes ambientes por meio dos fluxos de circulação das águas superficiais e sub-superficiais, e por outro lado, o processo de formação e evolução da estrutura da cobertura pedológica que apresenta organização particular com um horizonte sub-superficial, denominado de camada verde, que aparece de formas diferenciadas (camada, laje, concreções ou nódulos) nos três tipos de ambientes estudados – banhado baía/vazante, lagoa salina e lagoa salitrada – com traços marcantes que a identificam nas diversas situações citadas, mostrando claramente uma ligação genética entre os três ambientes.

Na lagoa salitrada, os resultados permitem levantar a hipótese que – em face de processos evolutivos que estariam associados à formação da estrutura da cobertura pedológica e que seriam comandados pelos processos atuais de circulação da água – no passado àquele ambiente teria sido formado por duas lagoas: na parte sul existiria um ambiente com águas concentradas e na parte norte, um ambiente de águas ácidas separadas por

uma pequena cordilheira de alguns metros de largura e de elevação muito moderada (Figura 49).

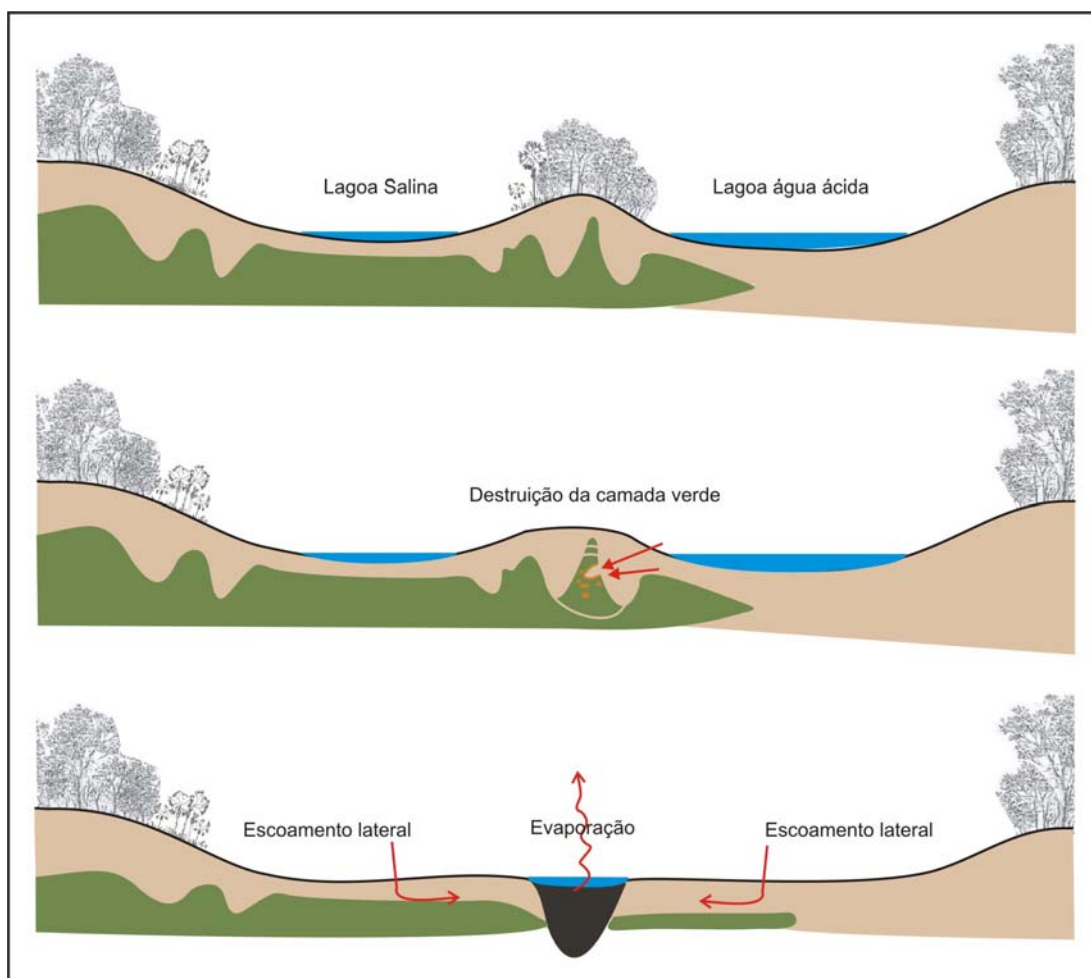


Figura 49 – Esquema Hipotético da evolução da lagoa salitrada.

Essa posição da cordilheira na parte central tem forte indicador da sua existência, pois aparecem algumas palmeiras candarás nesta parte mais afunilada do ambiente que se instalou a parte mais deprimida.

Ao verificarmos que a topografia e o sentido da depressão que se instalaram na parte central aparenta uma entrada muito forte dos fluxos de água ácidas tanto superficial como sub-superficial vindas do sentido noroeste da lagoa (Figura 44 e Foto 9), este tipo de fluxo pode ter ocasionado à dissolução da camada verde impermeável.

6.5 Cobertura Vegetal.

A cobertura vegetal nas áreas estudadas tem grande representatividade com o tipo de cobertura pedológica encontrada, sendo que a presença de certo tipo de vegetação se associa a tipo de sucessões verticais dos horizontes do solo.

Na cordilheira, apresenta solo arenoso profundo dando suporte a uma vegetação mista com algumas espécies de porte médio a grande, configurando as matas decíduais e cerradões.

Essa mesma sucessão pedológica observada no interior da cordilheira, também é encontrada nas áreas de campo aberto a exemplo da oeste do banhado (baía/vazante).

Na faixa de transição entre a praia e cordilheira da lagoa salina e na parte sul da lagoa salitrada e também em áreas isoladas no banhado (baía/vazante) apresenta um perfil que vai desde horizonte arenoso superficial seguido de um horizonte orgânico, subposto a um horizonte cinza oliva de textura areno-argiloso e seguido do horizonte verde oliva argilo-arenoso (camada verde) sobreposto a essa sucessão pedológica o predomínio da vegetação das palmeiras carandás.

A concordância desta vegetação (palmeira carandá) com o sistema da cobertura pedológica, evidencia a presença de um lençol freático confinado de alta concentração de sais verificado pela resposta da prospecção do aparelho EM38 no mapeamento da condutividade eletromagnética do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da cobertura pedológica e da variabilidade geoquímica dos horizontes, realizados por meio do mapeamento geofísico da condutividade eletromagnética do solo, possibilitou a compreensão da organização tanto vertical quanto lateral dos horizontes do solo, assim como, da variabilidade geoquímica e da espacialização destes ambientes representados diferentemente por meio da estrutura pedológica da área do banhado (baía/vazante), da lagoa salina e da lagoa salitrada.

Este estudo demonstrou a eficácia do mapeamento geofísico via condutividade eletromagnética para um entendimento da distribuição e organização da cobertura pedológica.

Entretanto, este método utilizando o aparelho EM38 só pôde ser aplicado em depressões associadas às variações dos horizontes mais próximos da superfície. Nos ambientes de cordilheiras onde os solos são profundos e de pouca variação pedológica, não permite mapear a variabilidade dos horizontes profundos de mais de 3 metros de espessura. Para o mapeamento no interior da cordilheira, seria necessário o uso de aparelho que permita inferir profundidade acima de 3 m. O aparelho EM38 não apresenta boas condições, porque a distância entre as bobinas é fixa (1 metro). Seria necessária a utilização de aparelho similar do tipo EM31 cuja distância entre as bobinas é de 3,66 metros e que permite uma investigação de horizontes mais profundos, por volta de 7 metros.

A disposição dos horizontes ligados à condutividade elétrica dos solos permite estabelecer uma relação com a gênese de formação dos ambientes salinos no Pantanal da Nhecolândia, configurados pela sobreposição dos horizontes encontrados, em particular na lagoa salina.

A lagoa salina do Meio apresentou uma particularidade na configuração do perfil morfológico, onde a presença da camada verde apresenta uma configuração marcada pelas ondulações internas em forma

de um anel contínuo, com saliências e reentrâncias. Este perfil exerce uma função particular nessa camada que, tudo indica, regula a entrada e saída de água do lençol freático desse ambiente, sazonalmente; apresentando um lençol concentrado em sais mineralizados confinados na calha das ondulações, apresentando uma resposta de alta condutividade elétrica. Esta organização pedológica tem como fator limitante a sua impermeabilidade, conseqüentemente acelerando os processos de evaporação e concentrações de sais mantendo o ambiente salino.

O Banhado (baía/vazante), apresenta uma configuração da cobertura pedológica de forma descontínua, formando um pequeno semicírculo seccionado, com a presença do lençol freático salgado confinado, preso abaixo da camada verde; pode-se supor que era uma antiga lagoa com águas mais concentradas. A presença e a configuração do anel seccionado de condutividade, corroboram parcialmente com as informações da lagoa salina do Meio acima descrito, onde a camada verde do Banhado é a forma reliquial de uma estrutura pedologia contínua.

A lagoa salitrada se configura como particularidade em função da sazonalidade, onde apresenta uma transição dos valores do pH entre 6 a 8,5: alta concentração de sais no período seco e moderado no período de cheia. As estruturas pedológicas aparecem, na porção sul, da mesma forma da lagoa salina do Meio, porém, menos marcada. Apresenta traços característicos de ambientes salinos, mas mantém conectividade com ambientes não salinos e a sua configuração tanto da estrutura pedológica quanto da cobertura vegetal, apresentam-se alterada, pois a sua complexidade nos leva a uma hipótese de que esse ambiente atual era formado por duas lagoas, que com o passar do tempo a vegetação regrediu formando apenas um ambiente. Possivelmente, a estrutura pedológica apresenta-se em processos de dissolução de sais mineralizados e a cobertura vegetal, apresenta-se constituída de forma diferenciada na mesma unidade.

A palmeira carandá é um indicador da presença de uma estrutura pedologia ligada à gênese de formação dos ambientes salinos. Nessa perspectiva há uma relação direta da vegetação com o tipo de sucessão

vertical da estrutura da cobertura pedológica associada a camada verde e a presença de um lençol freático confinado, com alta concentração de sais.

O fato da relação da cobertura vegetal associada à estrutura pedológica e a correspondência da condutividade elétrica do solo nos revelou que os três ambientes têm ligações genéticas entre eles quanto a configuração da cobertura pedológica: estrutura reliquial no banhado (baía/vazante), estrutura contínua na lagoa salina do Meio e uma estrutura descontínua na lagoa salitrada. Porém, essas unidades da paisagem apresentaram variabilidade geoquímica com respostas diferenciadas, configurando uma fitofisionomia própria para cada unidade tal como apresenta no banhado (baía/vazante) com uma vegetação predominante de campo sujo; na lagoa salina do Meio com a presença de um renque de palmeiras carandás no entorno da praia da lagoa e na lagoa salitrada com uma vegetação diversificada constituída de gramíneas, palmeira carandá na parte sul e palmeira babaçu na parte norte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. **O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios.** Revista Brasileira de Geografia, **50** (número especial 1-2): 1988, 9-57p.

ADÁMOLI, J. **A dinâmica das inundações no Pantanal.** In: **Anais do I Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal.** BRASÍLIA-DF. DDT-EMBRAPA/CCPAP-UFMS, 1986: 51-61p.

ADÁMOLI, J. **O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados - discussão sobre o conceito de "Complexo do Pantanal".** In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32º, 1981, Teresina. *Anais ...* Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982. 109-119p.

ALLEN, A. C., VALLS, J. F. M. **Recursos Forrageiros Nativos do Pantanal Mata-Grossense.** Brasília, 1987.

ALMEIDA, F. F. M. & LIMA, M. A. **Planalto Centro-Ocidental e Pantanal Matogrossense.** Rio de Janeiro, IBGE. Guia de Excursão nº 1 do Congresso Internacional de Geografia, 1959 171p.

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso).** DNPM/DGM, 219, 1965.

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia do sudoeste Matogrossense.** Boletim do DNPM/DGM, **116**: 1945, 1-118p.

ALVARENGA, S. M.; BRASIL, A. E. e KUX, H. J. H. **Estudo geomofológico Aplicado à Bacia do Alto Rio Paraguai e Pantanaís Mata-Grossense.** Proj. RADAMBRASIL – Boletim Técnico série geomorfologia, outubro de 1984, 89-180p.

AMARAL FILHO, Z. P. do. **Solos do Pantanal Mato-grossense.** In: **Anais do I Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal.** BRASÍLIA-DF. DDT-EMBRAPA/CPAP-UFMS, 1986: 91-103p.

ASSINE, M. L.; **A Bacia sedimentar do Pantanal Mato-Grossense.** In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; NEVES, B. B. DE B.; (Orgs.) **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida** editora Beca, São Paulo, SP, 2004: 61-75.

ASSINE, M. L. **Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil.** Rio Claro SP, 2003: 106p. Tese (Livre-Docência) - UNESP - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Geologia Sedimentar, Câmpus de Rio Claro.

BACANI, V. M. **Comportamento Piezométrico do entorno da lagoa salina do meio: Fazenda Nhumirim EMBRAPA-CPAP no Pantanal da Nhecolândia (MS)**, Três Lagoas MS, 2004: 48p. Monografia (Graduação) - UFMS/CPTL - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Campus de Três Lagoas.

BARBIÉRO L., FURQUÍM S. C., VALLES V., FURIAN S., SAKAMOTO A., REZENDE FILHO A. T., GRAHAM R. C., FORT M. **Natural arsenic in Groundwater and alkaline lakes at the upper Paraguay basin, Pantanal, Brazil**. In Battacharya P., Mukherjee A.B., Loeppert R.H. (Ed.) *Arsenic in Soil and Groundwater Environment: Biogeochemical interactions*. Elsevier Book Series "Trace metals and other contaminants in the environment" (J.O. Nriagu, Serie Ed.) 2005. (prelo).

BARBIÉRO L.; VLIET-LANOE V. B.; **The alkali soils of the middle Niger valley: Origins, formation and present evolution**. *Geoderma* 84, 1998: 323-343p.

BARBIÉRO, L., QUEIROZ NETO, J.P., CIORNEI, G., SAKAMOTO, A., CAPELLARI, B., FERNANDES, E., Valles, V. **Geochemistry of water and groundwater in the Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso, Brazil**. Variability and associated processes. *Wetlands* 22 (3), 2002, 528-540p.

BARBIÉRO, L., QUEIROZ NETO, J.P., GILLES C., SAKAMOTO A., BENJAMIN C. **Geoquímica das águas de superfície e do lençóis freáticos da Nhecolândia, Pantanal de Mato Grosso (MS Brasil)**. In: **III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal**. Corumbá, 27 à 30 novembro de 2000.

BARBIÉRO, L.; CUNNAC, S., MANEÂ, L.; LAPERROUSAZ, C.; HAMMECKER, C. e MAEGHT, J. L. **Salt distribution in the Senegal middle valley Analysis of a saline structure on planned irrigation schemes from N'Galenka creek**. *Agricultural Water Management* 46, 2001: 201-213p.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico**. In: **Caderno de Ciências da Terra (13)** Trad. Olga Cruz. Instituto de Geografia/USP. São Paulo, 1972: 27p.

BITTENCOURT ROSA, D. **Aspectos Geológicos e Geomorfologicos do Pantanal Mato-grossense** In **Revista Ação Ambiental**, Universidade Federal de Viçosa, Ano VI – N 26 Janeiro/Fevereiro 2004, Viçosa MG, 2004: 7-10p.

BOULET, R. **Análise Estrutural da Cobertura Pedológica e Cartográfica**. In: **"A responsabilidade social da Ciência do Solo"**. Campinas, SP. XX Cong. Bras. De Ciência do Solo, 1988: 79 - 90 p.

BRAUN, E. H. G. **Cone Aluvial do Taquari - unidade geomorfológica marcante na Planície Quaternária do Pantanal**. *Rev. Bras. de Geografia*, ano 39, nº 4, 1977: 164-180p.

BRUM, P. A. R. de e SOUZA, S. C. de, **Níveis de nutrientes minerais para gado, em lagoas (“baías” e “salinas”) no Pantanal Sul-Mato-Grossense.** In: Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 20 (12): 1451-1454p, 1985.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Fieldscale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, 1501-1511p., 1994.

COUTINHO, L. M. **Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado.** In: Ed. Goldammer, J. G. Fire in the Tropical Biota, 82-105p. Springer Verlag, Berlim- Heidelberg, 1990.

CUNHA J. **Cobre de Jauru e lagoas alcalinas do Pantanal.** DNPM/LPM, Boletim **6**: 1943, 1-53p.

CUNHA, N. G. da. **Classificação e fertilidade de solos da planície sedimentar do rio Taquari, Pantanal Mato-grossense.** Corumbá, MS. Circular Técnica EMBRAPA/UEPAE (4), 1981: 5-56p.

DNOS, **Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Rio de Janeiro. (Brasil, Ministério do Interior.** Depto. Nacional de Obras de Saneamento) - vols: 1. Relatório Técnico: 284p.; 2. Diversos: 230p.; 3. Alturas de Chuvas, 1974: 631p. e 4. Fluviometria: 664p.

DOURADO NETO, D. **Variabilidade espacial das alturas de chuva e irrigação e de potenciais da solução do solo,** 1989. 180p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

DOWD, P. **Lognormal geostatistical.** Science de la Terra. Série Informatique Géologique 18, 49-69p. 1984.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuário do Pantanal (Corumbá, MS) **Plano de utilização da Fazenda Nhumirim.** Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1997, 72p.

FERNANDES, E. **Caracterização dos Elementos do Meio Físico e a Dinâmica da Nhecolândia (Pantanal Sulmatogrossense),** São Paulo SP, 2000: 130p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

FRANCO, M. do S. M. & PINHEIRO, R. **Geomorfologia.** In: Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE. 21 Corumbá e parte da Folha SE. 20. Volume 27. Rio de Janeiro, 1982: 161-224p.

FREITAS, R. O. de; **Ensaio sobre o relevo tectônico do Brasil.** Revista Brasileira de Geografia, Abril-Junho, XIII, No. 2. 1951.

FURQUIM, S.A.C.; GRAHAM, R.C.; QUEIROZ NETO, J.P.; FURIAN, S.; BARBIERO, L. **Fe-illite neoformation in an alkaline environment, Pantanal Wetland, Brazil.** In Proceedings of the Soil Science Society of America Annual Meeting. October 31st to November 4th, 2004. Seattle, USA.

GODOI FILHO, J. D. de, **Aspectos geológicos do Pantanal Mato-grossense e de sua área de influência.** In: **Anais do I Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos.** BRASÍLIA-DF. DDT-EMBRAPA/CPAP-UFMS: 1986, 63-76p.

GONÇALVES, A. C. A. **Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo para fins de manejo da irrigação.** Piracicaba, 1997. 118p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

GOUDIE, A. S. & WELLS, G. L. **The nature, distribution and formation of pans in arid zones.** Earth-Science Reviews, **38**: 1995, 1-69p.

GOUDIE, A. S.; Pans. **Progress in Physical Geography.** **15**: 1991, 221-237p.

GROSSI SAD, J.H. **Fundamentos sobre variabilidade dos depósitos minerais.** Rio de Janeiro: DNPM/CPRM - GEOSOL, 1986. 141p.

HUDSON, P. F. **Floodplains:** environment and process. Geomorphology **56**, 2003: 223-224p.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING®) versão 4.0, tutorial. São José dos Campos, 2003. <http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/variograma.htm> <acessado 21 de setembro de 2005>.

JOURNEL, A.G.; HUIJBREGTS, C.J. **Mining geostatistics.** London: Academic Press, 1978. 600p.

KLAMMER, G. **Die Paläovüste des Pantanal von Mato Grosso und die pleistozäne Klimageschichte der brasilianischen Randtropen.** Zeitschrift für Geomorphologie, **26**: 1982, 393-416p.

LAMPARELLI, R.A.C.; ROCHA, J.V.; BORGHI, E. **Geoprocessamento e agricultura de precisão:** fundamentos e aplicações. Guaíba: Agropecuária, 2001. 118p.

LAPERROUSAZ, C., BARBIÉRO, L. **Influence de la variabilité du faciès chimique sur la conductivité électromagnétique.** In: BRGM, INRA, IRD, UPMC (Eds.), Geofcan, Géophysique des sols et des Formations Superficielles. Orléans, 1999: 63-66p.

MACHADO, R.V. **Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos em uma hidrosequência de solos bem à muito mal drenados.** 1994. 88p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura de Lavras.

MC NEILL, J. D.; **Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers**. Tech.Note TN-6 , Geonics Limited, Ontário, Canadá, 1980.

MILNE, G. **Some suggested units of classification and mapping partuculary for East African soils**. Soils Res., Berlim, 4(2):183-198p. 1934.

MIRANDA, E. E. de; COUTINHO, A. C. (Coord.). **Brasil Visto do Espaço**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 18 mar. 2005.

MONTEIRO, C. A. de F., **Os Geossistemas como Elemento de Integração na Síntese Geográfica e Fator de Promoção Interdisciplinar na Compreensão do ambiente**, GEOSUL, Florianópolis, v.14, n 19: 67-101p. 1996.

MORRISON, R. I. G. MONORE, M., ROSS, R. K., PADOVANI, C. R.; **Identificação das Lagoas Salinas da Região da Nhecolândia – Pantanal, através de técnicas de Sensoriamento Remoto**. III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Corumbá, 27 a 30 de novembro de 2000.

MOURÃO, G. M. **Limnologia comparativa de três lagoas (duas baías e uma salina) do Pantanal da Nhecolândia, MS**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Depto. de Ciências Biológicas, UFSCar, para obtenção do título de Mestre. São Carlos, SP: 1989, 135p.

MOURÃO, G. M.; ISHII, I. H.; CAMPOS, Z. M. S. **Alguns fatores limnológicos relacionados com a ictiofauna das baías e salinas do Pantanal da Nhecolândia. Mato Grosso do Sul, Brasil**. Acta Limnol. Brasil. vol. II, 1988: 181-198p.

ORELLANA, M. M. P. **Estudos de viabilidade de controle das cheias e suas conseqüências no equilíbrio ecológico do Sistema Pantanal**. Projeto RADAMBRASIL, relatório interno, Goiânia, Goiás, Brasil, 1979..

PAZ, A.; TABOADA, M.T.; GÓMEZ, M.J. Spatial variability in topsoil micronutrients contents in one-hectare cropland plot. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.3/4, 479-503p, 1996.

POR, F. D. **The Pantanal of Mato Grosso (Brazil) World's Largest Wetlands**. Monographiae Biologicae volume 73. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht/ Boston/ London. Printed in the Netherlands: 1995, 123p.

POTT, A. & POTT, V. J. **A Flora do Pantanal** In *Revista Ação Ambiental*, Universidade Federal de Viçosa, Ano VI – N 26 Janeiro/Fevereiro 2004, Viçosa MG, 2004: 19-23p.

QUEIROZ NETO, J. P. **Análise da Estrutural da Cobertura Pedológica no Brasil**. In: **“A responsabilidade social da Ciência do Solo”**. Campinas, SP. XX Cong. Bras. De Ciência do Solo, 1988: 415 - 429p.

QUEIRÓZ NETO, J. P. de; SAKAMOTO, A. Y.; LUCATI, H. M. & FERNANDES, E. **Dinâmica hídrica de uma lagoa salina e seu entorno na área do Leque, Nhecolândia (Pantanal - MS)**. In: Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. EMBRAPA-CPAP/UFMS-CEUL, Corumbá, MS. 1996. (inédito)

QUEIROZ NETO, J. P. **O Estudo de Formações Superficiais no Brasil**. In: **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 22 (1/2), 65-78p, 2001.

RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Folha SE. 21 Corumbá e parte da Folha SE. 20**, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra. Vol. 27, Rio de Janeiro, 1982a.

RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Folha SF. 21 Campo Grande**, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra. Vol. 28, Rio de Janeiro, 1982b.

REZENDE FILHO, A. T. **Variabilidade de salinidade de uma área em uma baía/vazante na Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia: Estudo de um Método Cartográfico**, Três Lagoas MS, 2003: 51p. Monografia (Especialização) - UFMS/CPTL - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Câmpus de Três Lagoas

SAKAMOTO, Y. A. **Dinâmica hídrica em uma "Salina" e seu entorno e a ocupação, Fazenda São Miguel do Firme, MS**. São Paulo SP, 1997: 181p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SAKAMOTO, Y. A. Experimentos de campo pedo-climáticos e perspectivas de pesquisa científica no Pantanal da Nhecolândia. In: **Anais do 4º Encontro Nacional de Estudos sobre Meio Ambiente**, Coordenação Departamento de Geografia da UFMT, editora da UFMT, Cuiabá MT, 1993, 340-364p.

SALVIANO, A. A. C. **Variabilidade de atributos de solo e de Crotalaria juncea em solo degradado do município de Piracicaba-SP**. Piracicaba, 1996. 91p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SILVA JÚNIOR, R. L. da; **Variabilidade espacial do índice de cone correlacionada com mapas de produtividade**. Piracicaba, 2001. 132p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SILVA, A.P. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo**. Piracicaba, 1988. 105p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. **Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões**. Pesq. Agrop.. Brás. Brasília, v 33, Número Especial, p. 1703-1711p, 1998.

SILVA, M. H. S. da; **Estudo da organização da morfologia de solos em lagoas salinas no Pantanal da Nhecolândia, MS.** Três Lagoas MS, 2004: 92p. Monografia (Graduação) - UFMS/CPTL - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Campus de Três Lagoas.

SILVA, M. P.; MAURO, R. A.; MOURÃO, G.; COUTINHO, M. E. **Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo.** Rev. Bra. Bot. 23(2): 2000, 143-152p.

SILVA, T. C. da; **Contribuição da geomorfologia para o conhecimento e valorização do Pantanal.** In: Anais do I Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal. Brasília-DF. DDT-EMBRAPA/CPAP-UFMS, 1986: 77-90p.

SOARES, A. P.; SOARES, P. C.; ASSIME, M. L. **Areiais e Lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática?** Revista Brasileira de Geociências, vol. 33 (2):211-224p, junho de 2003.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; WADE, M.K.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, 45-94p, 1985.

TRICART J. **El Pantanal: un ejemplo del impacto geomorfológico sobre el ambiente.** Informaciones geograficas (Chile), **29**: 1982, 81-97p.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE. 1977.

VALVERDE, O. **Fundamentos geográficos do planejamento do Município de Corumbá.** Revista Brasileira de Geografia, **34**: 1972, 49-144p.

VIEIRA, S.R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial.** Campinas: IAC, 1998.

VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, v.56, n.1, 181-190p, 1997.

WILHELMY, M. **Das Grosse Pantanal.** Die Weltumschau, 1958, 18: 55-559p.

ZANOLIN, A., TCHANI, J., BARBIÉRO, L., BOIVIN, P., DESCLOITRES, M. **Apport de la méthode électrique pour la reconnaissance hydrogéologique et l'étude des variations superficielles en zone sédimentaire subsaharienne.** In: BRGM, INRA, ORSTOM, UPMC, (Eds.), Géophysique des sols et des formations superficielles. Bondy, France, 1997:173-178p.