**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DOS COMPONENTES DA PAISAGEM DA BAIXA
NHECOLÂNDIA - PANTANAL DE MATO GROSSO DO SUL.**

Erminio FERNANDES

Tese de Doutorado

Orientador : Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto

São Paulo, 2007.

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DOS COMPONENTES DA PAISAGEM DA BAIXA
NHECOLÂNDIA - PANTANAL DE MATO GROSSO DO SUL.**

Erminio FERNANDES

**Tese de doutoramento, na área de
Geografia Física, apresentada ao
Departamento de Geografia da
Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da Universidade de
São Paulo.**

Tese de Doutorado

Orientador : Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto

São Paulo, 2007.

DEDICATÓRIA

À Maria Aparecida Durante Fernandes e Jair Fernandes (em memória), meus pais, e à minha esposa Cristiane Giannini dos Santos dedico este trabalho pelo carinho, esforço e paciência que sempre tiveram e que muito me ensinaram sobre a vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que apoiaram direta e indiretamente para que esta tese fosse realizada, sem os quais as dificuldades encontradas, que não foram poucas, seriam ainda maiores.

Agradeço especialmente ao projeto Capes-Cofecub (nº 412/03) pelo apoio financeiro aos trabalhos de campo; ao meu mestre Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto pela paciência dedicada na orientação; aos amigos de pesquisa Prof. Benjamim Capellari, Prof. Dr. Teodoro Isnard de Almeida, Prof. Dr. Joel Barbujian Sigolo e Débora Mendes, do Instituto de Geociências da USP, que tanto nos trabalhos de campo quanto em laboratório forneceram amplo apoio, bem como apoio psicológico muitas vezes para que pudéssemos superar os obstáculos conjuntamente.

Especial agradecimento ao amigo Prof. Milton Gimenez Melero pelo amplo apoio fornecido com seu conhecimento de geoprocessamento, sem o qual acredito que esta tese não teria alcançado seus objetivos. Ao Centro Universitário Senac que apoiou esta tese com a disponibilidade de sua estrutura, laboratórios e equipamentos, possibilitando um ambiente adequado para a realização das etapas deste trabalho.

Um agradecimento especial à Cristiane Giannini dos Santos, minha esposa, que tanto me deu apoio físico e psicológico, principalmente nas horas mais críticas.

RESUMO

Esta tese de doutoramento tem o objetivo de identificar os padrões de organização espacial dos principais componentes da paisagem na Baixa Nhecolândia e analisar suas relações com as estruturas regionais e as dinâmicas hídricas. Para tanto, foram utilizados produtos de sensoriamento remoto e técnicas do geoprocessamento de imagens de satélites com bancos de dados georreferenciados dos elementos da área de estudo, além de procedimentos de controle de campo das informações levantadas. A Baixa Nhecolândia sofre influência da dinâmica das estruturas lineares aparentes nas serranias de seu entorno e, a partir de um estudo mais acurado, pode-se evidenciar no sutil relevo do Pantanal registros morfoestruturais correlacionados a esses lineamentos. Por outro lado, feições do relevo associadas a hidrodinâmica do Leque Aluvial do Rio Taquari distribuem-se na região, apresentando padrões de organização diferenciados das formas ligadas às morfoestruturas. Desta forma, os elementos da paisagem da Baixa Nhecolândia apresentam distribuição, padrão de organização espacial e formas resultantes, dentre outros, de 2 processos dinâmicos que são objetos desta tese: 1) processos estruturais regionais, 2) processos hidrodinâmicos do leque aluvial do rio Taquari.

ABSTRACT

The goal of this thesis is to identify the spatial organization patterns of the main landscape elements in the Baixa Nhecolândia and to analyze its relations with the regional structures and the hydrological dynamic. The products of remote sensing and geoprocessing techniques applied on the elements of the study area had been used, beyond procedures of information field control. The Baixa Nhecolândia suffers influences from the linear structures dynamics from its around and can be evidenced in the subtle relief of the Pantanal correlated to morphostructures evidences. Otherwise, reliefs forms associates to the hydrodynamics of the Aluvial Fan of the River Taquari, distributed in the region, presenting differentiated patterns of organization of the morfostructures forms. Them, the elements of the landscape of the Baixa Nhecolândia presents distribution resultant patterns of spatial organization and forms, amongst others, of 2 dynamic processes that are objects of this thesis: 1) regional structural processes, 2) hydrodynamic processes of the aluvial fan of the Taquari river.

SUMÁRIO

Capítulos	Páginas
INTRODUÇÃO	23
1. CONTEXTO REGIONAL: A BACIA DO ALTO PARAGUAI	27
1.1. O Leque Aluvial do Rio Taquari	40
1.2. A Nhecolândia e a Baixa Nhecolândia	41
2. PROCEDIMENTOS E MATERIAIS	50
2.1. Identificação dos elementos da paisagem	51
2.2. Pré-processamento de imagens	51
2.2.1. Leitura das imagens	53
2.2.2. Registro de Imagens	53
2.2.3. Manipulação do contraste	53
2.3. Processamento de imagens	55
2.3.1. Segmentação de imagens	55
2.3.2. Classificação supervisionada de imagens por regiões	57
2.2.2.4. Conversão e exportação dos dados	58
2.3.3. Edição dos dados	59
2.3.3.1. Elaboração dos temas para análise espacial	60
2.3.3.1.1. Identificação das estruturas lineares regionais	
e modelagem digital de terreno (MDT) para análise topográfica	61
2.3.3.1.2. Caracterização da dinâmica hídrica da Baixa	
Nhecolândia	62
2.3.3.1.3. Geração de temas internos da Baixa Nhecolândia	62
2.3.3.1.3.1. Identificação da organização espacial de vazantes	
nas imagens	63
2.3.3.1.3.2. Identificação de lagoas hipohalinas (baías) e salinas	
nas imagens	64
2.3.3.1.3.3. Identificação de cordilheiras e áreas de campos	

nas imagens	73
2.3.3.1.4. Descrição e análise dos temas gerados	73
3. RESULTADOS: CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM DA BAIXA NHECOLÂNDIA	74
3.1. Características da topografia do leque do rio Taquari e da Baixa Nhecolândia	75
3.2. A análise da hidrografia	78
3.2.1. O padrão espacial da rede de drenagem	78
3.2.2. A Dinâmica Hídrica na Baixa Nhecolândia	86
3.2.3. Caracterização espacial da totalidade das lagoas na Baixa Nhecolândia	104
3.2.3.1. Distribuição e concentração de lagoas	104
3.2.3.2. Distribuição e concentração de lagoas por classes de tamanho	106
3.2.3.3. Classificação e distribuição pelo índice de arredondamento das lagoas	108
3.2.3.4. Classificação e distribuição de lagoas pela orientação azimutal	112
3.2.4. Caracterização físico-química e espacial das lagoas salinas e hipohalinas da Baixa Nhecolândia	116
3.2.4.1. O pH e a CE (condutividade elétrica) das lagoas.	116
3.2.4.2. A organização espacial das lagoas hipohalinas (baías)	132
3.2.4.3. A organização espacial das lagoas salinas	133
3.2.5. Descrição dos parâmetros das cordilheiras	134
3.2.6. Descrição dos parâmetros das áreas de campos	137
4. A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DOS ELEMENTOS DA BAIXA NHECOLÂNDIA, AS ESTRUTURAS LINEARES DA BACIA DO PANTANAL E A HÍDRODINÂMICA REGIONAL.	141
4.1. A topografia	142

4.2. A hidrografia	145
4.3. As lagoas	151
4.4. As cordilheiras	153
4.5. As áreas de campos	155
CONCLUSÃO	157
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
ANEXO	174

ÍNDICE DE FIGURAS

1 - Situação da Bacia do Alto Paraguai na América do Sul e posição do Pantanal e de seus leques aluviais dentro desta Bacia.	24
2 – Leque aluvial do rio Taquari com limites da Baixa Nhecolândia.	25
3 – O Lineamento Transbrasiliano marcando o <i>trend</i> de falhas NE-SW que atravessam obliquamente a bacia do Pantanal e associado aos recentes tectonismos quaternários. A Imagem mostra o lineamento atravessando com detalhe a área do Cone Aluvial do Rio Taquari.	29
4 – Ocorrência de sismos na área da Baixa Nhecolândia a partir do mapa dos sismos ocorridos no Brasil de 1724 a 1998, cujas magnitudes foram maiores que 2,5	31
5 - Mapa geológico da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal	32
6 - Características topográficas da Nhecolândia sobre modelo digital de terreno	45
7 – Feições lineares na Baixa Nhecolândia e a presença marcante de Paleocanais em toda a superfície do leque, testemunhando antigos traçados do rio Taquari.	46
8 – Lobos deposicionais do Cone Aluvial do Rio Taquari	47
9 – Perfil longitudinal (P1) e transversal (P2) da Baixa Nhecolândia	76
10 – Perfil P3 de bloco de cordilheiras da área da Fazenda Firme	78
11 – Rio Taquari na zona proximal do leque aluvial apresentando traçado meândrico com linearidades (mosaico imagens ASTER)	79
12 – Rio Taquari passando de traçado meândrico a indistinto próximo ao transbordamento “Arrombado Zé da Costa” (mosaico imagens ASTER)	80
13 - Área do Rio Negro ao sul da Baixa Nhecolândia (mapa 5) indicando as direções ortogonais de seu traçado (imagem LANDSAT-TM, 21/10/90).	82
14 – Detalhe da imagem Landsat TM5 r3g4b5 (226/73) de 27/07/1988 mostrando vazantes e lagoas (áreas escuras).	84

15 - Imagem Landsat-TM7 de 05 abril 2002 apresentando a localização dos Rios Taquari, Negro e Paraguai e os limites da Baixa Nhecolândia.	88
16 – Seqüência de imagens classificadas Landsat TM7 (226/73) mostrando as áreas inundadas.	90
17 – Imagem Landsat TM5 r3g4b5 (226/73) de 27/07/1988 representando uma das maiores cheias do Pantanal	95
18 – Evidências de erosão de cordilheiras pela ação das águas da vazante.	102
19 – Distribuição espacial de amostras de lagoas na Fazenda Nhumirim, segundo as 4 classes de quadrantes. Recorte de imagem Landsat-TM5 de 20 de outubro de 1990	127
20 - Balanço de cargas em uma água	129
21 - Detalhe dos mapas 3 e 51, hipsométrico de contraste, na porção nordeste da Baixa Nhecolândia mostrando a concordância entre lineamentos da topografia e extensões de lineamentos regionais	144
22 – Detalhe do mapa hipsométrico de contraste na porção oeste da Baixa Nhecolândia mostrando a concordância entre lineamentos da topografia e extensões de lineamentos regionais	145
23 – Área com lagoas e vazantes (mancas pretas) do sul da Baixa Nhecolândia com desvios acompanhando os lineamentos. As extensões dos lineamentos, estão correlacionadas aos lineamentos de vazantes.	149
24 – Vazantes do norte da Baixa Nhecolândia com desvios acompanhando os lineamentos regionais. As extensões dos lineamentos, estão correlacionandas com os lineamentos de vazantes	150

ÍNDICE DE FOTOS

1 – Em dia de chuva, escoamento d'água da cordilheira para a lagoa.	98
2 – A mesma canaleta de escoamento d'água da foto anterior alcançando a lagoa.	98
3 – Margem das cordilheiras e praia em processo de erosão e deposição no fundo da lagoa salina – Faz. Firme.	99
4 – Detalhe das áreas de erosão marginal das elevações	99
5 – Margem de cordilheira deprimida pela erosão.	100
6 – Perfil com frente de erosão e deposição dos sedimentos em elevação com Carandás (<i>Copernícia Alba</i>)	100
7 – Carandás com raízes expostas pela erosão.	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS

1 - Distribuição do total mensal de precipitação pluviométrica na fazenda Nhumirim em 2000, comparada à normal climatológica de 1977 a 1999.	35
2 – Descargas dos rios Taquari e Paraguai no período de janeiro de 1969 a outubro de 1978.	39
3 – Histograma de freqüência de lagoas por classes de tamanho e sua tabela de dados.	69
4 – Percentual de área ocupada pelos principais elementos da paisagem na Baixa Nhecolândia (%).	74
5 – Distribuição polar dos lineamentos dos cursos d'água na Baixa Nhecolândia.	85
6 – Freqüência de lineamentos de cursos d'água na Baixa Nhecolândia por classes de direções azimutais a partir da tabela 3.	86
7 - Quantidade de lagoas por classes de tamanho	107
8 – Histograma mostrando a quantidade de lagoas por classe de arredondamento e tabela de estatística descritiva dos dados.	109
9 - Histogramas de freqüências de lagoas dentro das classes de arredondamento.	111
10 – Histograma de freqüência de lagoas por classes de 10° em 10° de direção azimutal de N para E e W.	113
11 – Histograma polar de freqüência de lagoas por classes de 10° em 10° de direção azimutal para E e W.	113
12 – Histograma e curva acumulada de freqüência do pH das lagoas amostradas na Baixa Nhecolândia.	118
13 – Histograma e curva acumulada de freqüência da CE das lagoas amostradas na Baixa Nhecolândia.	121
14– Correlação pH e CE de amostras de água das 156 lagoas da Baixa Nhecolândia e divisão em quadrantes	125

15 – Frequência e porcentagem de lagoas que compõem os quadrantes 1, 2, 3 e 4.	126
16 – Direção e frequência das extensões dos lineamentos regionais sobre a Baixa Nhecolândia.	142

ÍNDICE DE TABELAS

1 – Adaptada da classificação de salinidade da USSSL (1954)	66
2 – Classes de pH	67
3 - Frequência numérica e percentual de lineamentos de cursos d'água na Baixa Nhecolândia por classes de direções azimutais.	85
4 –Frequência de lagoas por classes de tamanho	106
5 –Frequência de lagoas por classes de arredondamento	108
6 – Estatística descritiva dos valores de pH das águas das lagoas.	119
7 – Classificação das lagoas da Baixa Nhecolândia segundo o pH de suas águas	120
8 – Estatística descritiva dos valores de condutividade elétrica (CE) das águas das lagoas.	122
9 – Classificação das lagoas da Baixa Nhecolândia segundo a condutividade elétrica de suas águas.	123

ÍNDICE DE MAPAS

1 – Classes dos principais elementos da Baixa Nhecolândia em 1990	74A
2 – Hipsometria da Baixa Nhecolândia (MDT - SRTM)	74B
3 – Hipsometria de contraste mostrando lineamentos na Baixa Nhecolândia.	74C
4 – Localização dos perfis topográficos de bloco de cordilheiras da Faz. Firme	74D
5 – Linearidades nos traçados dos rios Taquari e Negro.	80A
6 – Cheia na Baixa Nhecolândia - Imagem LANDSAT TM5 r3g4b5 (226/73) de 27/07/1988	80B
7 – Cursos d'água da Baixa Nhecolândia	80C
8 – Cursos d'Água e Lineamentos	80D
9 – Totalidade de lagoas da Baixa Nhecolândia	103A
10 – Densidade e distribuição da totalidade de lagoas da Baixa Nhecolândia em 1990	103B
11 – Densidade generalizada da distribuição da totalidade de lagoas da Baixa Nhecolândia em 1990.	103C
12 – Classificação de lagoas por tamanho em m ² .	103D
13 – Lagoas pequenas	103E
14 – Densidade e distribuição de lagoas pequenas	103F
15 – Lagoas médias	106A
16 – Densidade e distribuição de lagoas médias	106B
17 – Lagoas grandes	106C
18 - Densidade e distribuição de lagoas grandes	106D
19 – Localização de Lagoas muito alongadas	106E
20 – Densidade de lagoas muito alongadas	106F

21 – Localização de lagoas alongadas	106G
22 – Densidade e distribuição de lagoas alongadas	106H
23 – Localização de lagoas semi-arredondadas	112A
24 – Densidade e distribuição de lagoas semi-arredondadas	112B
25 – Localização de lagoas arredondadas	112C
26 – Densidade e distribuição de lagoas arredondadas	112D
27 – Lagoas com direções N60°E a N80°E	112E
28 – Densidade e distribuição de lagoas com direções N60°E a N80°E	112F
29 – Lagoas com direções N80°E a N90°E	112G
30 – Densidade e distribuição de lagoas com direções N80°E a N90°E	112H
31 – Lagoas com direções N10°W a N10°E	112I
32 – Densidade e distribuição de lagoas com direções N10°W a N10°E	112J
33 – Lagoas com direções N10°E a N30°E	112K
34 – Densidade e distribuição de lagoas com direções N10°E a N30°E	112L
35 – Distribuição de lagoas amostradas e classificadas por quadrantes Através de medidas de pH e CE de suas águas	124A
36 – Lagoas hipohalinas da Baixa Nhecolândia em 1990	131A
37 – Densidade e distribuição de lagoas hipohalinas da Baixa Nhecolândia em 1990	131B
38 – Lagoas hipohalinas pequenas da Baixa Nhecolândia em 1990	131C
39 – Lagoas hipohalinas grandes da Baixa Nhecolândia em 1990	131D
40 – Padrões de agrupamentos alinhados das densidades generalizadas de lagoas hipohalinas por filtragem (filtro mediana, kernel 15x15)	131E
41 – Lagoas salinas da Baixa Nhecolândia em 1990	131F
42 – Densidade e distribuição de lagoas salinas da Baixa Nhecolândia em 1990	131G

43 – Cordilheiras da Baixa Nhecolândia em 1990	131H
44 – Detalhe de cordilheiras em feixes orientados	138A
45 – Blocos de cordilheiras em imagem Landsat-TM5 RGB	138B
46 – Densidade e distribuição de cordilheiras da Baixa Nhecolândia em 1990	138C
47 – Padrões de agrupamentos alinhados das densidades generalizadas de cordilheiras por filtragem (filtro mediana, kernel 25x25)	138D
48 – Classe de tamanho de cordilheiras da Baixa Nhecolândia em 1990	138E
49 – Áreas de campos da Baixa Nhecolândia em 1990	138F
50 – Lineamentos regionais e suas extensões sobre a Baixa Nhecolândia	140A
51 – Evidências de relação: Lineamentos da topografia (mapa 3) X Lineamentos regionais	143A
52 – Evidências de relação: Lineamentos vazantes (mapa 8) X Lineamentos regionais	146A
53 – Detalhe de evidências de relação: Lagoas totais X Lineamentos regionais	150A
54 – Evidências de relação: Lagoas grandes X Lineamentos regionais	150B
55 – Evidências de relação: Lagoas alongadas 0 – 0,2 X Lineamentos regionais	150C
56 – Evidências de relação: Salinas X Lineamentos regionais	150D
57 – Evidências de relação: Cordilheiras X Lineamentos regionais	153A
58 – Detalhe de evidências de relação Faz. Firme: Cordilheiras X Lineamentos	153B
59 – Detalhe de evidências de relação na porção sul: Cordilheiras X Lineamentos	153C
60 – Detalhe de evidências de relação Faz. Nhumirim: Cordilheiras X Lineamentos	153D

61 – Evidências de relação: Áreas de campos X Lineamentos Regionais

153E

ANEXO

1 – Tabela de lagoas classificadas em quadrantes por medidas de pH e CE. 175

APRESENTAÇÃO

Esta tese de doutoramento é resultado de pesquisas científicas no Pantanal Sulmatogrossense através do projeto de cooperação internacional CAPES/COFECUB nº 412/03 (Brasil/França) iniciado em 2003 e ainda em andamento, intitulando-se: “*Processos físicos-hídricos e biogeoquímicos no Pantanal da Nhecolândia e suas representações espaciais (MS-Brasil)*”. As instituições de ensino e pesquisa envolvidas são: Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-Três Lagoas, Universidade de Paris 7 – Denis Diderot (Paris/França) e IRD/LMTG - Universidade Paul Sabatier (Toulouse/França).

Este projeto demonstra uma importante integração entre a geografia física e outras ciências, a fim de se alcançar um conhecimento mais aprofundado e mais completo da complexidade do Pantanal, a partir de uma visão integradora da paisagem e de seus processos dinâmicos.

Além de encontrar-se inserida no projeto de cooperação CAPES/COFECUB (projeto 412/03), esta tese de doutoramento também significa a continuação da pesquisa desenvolvida no mestrado (FERNANDES, 2000), intitulada: “Caracterização dos elementos do meio físico e da dinâmica da Nhecolândia – Pantanal Sulmatogrossense”, que teve como proposta identificar, mapear e descrever os elementos da hidrografia, relevo, solos e aspectos fitofisiográficos da região. As observações e as questões levantadas na conclusão da dissertação de mestrado suscitaram novas discussões a respeito da espacialização e da dinâmica dos elementos desta região do Pantanal e que, posteriormente, nortearam os objetivos da atual pesquisa de doutoramento.

Sabe-se que a região da Nhecolândia sofrera influência da estrutura regional e das dinâmicas hidrológica e geoquímica (Queiroz Neto *et al.* 1996, Fernandes, 2000), Barbiero *et al.* 2002 e Assine 2003), que imprimiram feições particulares nos diferentes elementos dessa paisagem: topografia, corpos hídricos (vazantes e lagoas), campos e cordilheiras.

Nesta tese buscou-se identificar os padrões de distribuição espacial dos principais elementos da paisagem na Baixa Nhecolândia e analisar suas relações com as estruturas regionais e as dinâmicas hídricas. Para tanto, foram utilizados produtos de sensoriamento remoto e técnicas do geoprocessamento de imagens de satélites com bancos de dados georreferenciados dos elementos da área de estudo, além de procedimentos de controle de campo das informações levantadas.

INTRODUÇÃO

Os Pantanaís Mato-Grossenses constituem uma imensa planície aluvial, "uma das maiores planícies de nível de base interior do globo, ainda em processo de entulhamento" e que constitui o prolongamento setentrional da região de planícies do Gran-Chaco, abrangendo o Brasil, Bolívia, Paraguai e Argentina (ALMEIDA, 1959). Encontram-se na porção central da América do sul, inseridos na Bacia do Alto Paraguai, entre as coordenadas 14° e 22° de latitude Sul, e 53° e 59° de longitude Oeste (FIGURA 1).

A Depressão do Rio Paraguai, segundo BRASIL (1984), "prolonga-se para sul, contornando numa estreita faixa a borda ocidental da Bacia sedimentar do Paraná e pelas planícies baixas que contornam os relevos residuais do Planalto da Bodoquena, a sul, e do Urucum, a oeste." Assim sendo, seus limites, representados a norte e nordeste pelo Planalto Brasileiro, apresentam altitudes de 900 a 1200 metros; a leste e sudeste pelo Planalto Sedimentar da Bacia do Paraná com cotas médias de 700 a 900 metros e, a oeste e sudoeste, respectivamente, pela Bolívia e Paraguai.

A Bacia do Pantanal é uma área sismicamente ativa e apresenta vários falhamentos também ativos. Os lineamentos estruturais são facilmente visíveis nas bordas da planície pantaneira, através de imagens de satélite, e orientam-se predominantemente de NE-SW, SE-NW e N-S (BRASIL, 1984, CPRM, 2004).

Os Pantanaís Mato-Grossenses podem ser considerados como uma região cuja paisagem adquire várias fisionomias de acordo com os períodos de águas baixas ou águas altas. No Pantanal da Nhecolândia a magnitude e as características da hidrografia, associadas ao relevo, às condições climáticas, às várias formações vegetais e ao material superficial, registram na paisagem, nem sempre claramente, uma dinâmica intensa decorrente de sua evolução, ainda controvertida entre os pesquisadores.

Em trabalho anterior (FERNANDES, 2000) foi apresentada uma compartimentação da parte sul do leque aluvial do rio Taquari, onde se destacou a Baixa Nhecolândia, cuja principal característica é a presença de milhares de lagoas, algumas salinas (Figura 2).

A seguir, uma revisão dos principais conhecimentos já levantados por diversos estudos sobre a região faz-se necessário a fim de fornecer ao leitor um adequado embasamento para que este possa acompanhar as questões e informações defendidas nesta tese de doutoramento.

Figura 1 - Situação da Bacia do Alto Paraguai na América do Sul e posição do Pantanal e de seus leques aluviais dentro desta Bacia (adaptado de FERNANDES *et al.*, 1999)

Figura 2 – Leque aluvial do rio Taquari com limites da Baixa Nhecolândia. (Mosaico de Imagens Aster)

1. CONTEXTO REGIONAL: A BACIA DO ALTO PARAGUAI

A Geologia do Pantanal foi tratada por vários autores, destacando-se Almeida (1945, 1964 e 1971), Almeida & Lima (1959), Braun (1977), BRASIL (1982), Tricart, Pagney e Frecaut (1984), Godoi Filho (1986), AB'Saber (1988), Shiraiwa & Ussami (1995), Soares *et alii* (1998) e Assine 2003. Trata-se de vasta depressão, originada por processos tectônicos complexos pós-Eoceno, ocupando mais de 130.000 km² em território brasileiro, com cerca de 500 km de comprimento e 300 km de largura e altitudes entre 75 e 200m. Suas bordas, delimitadas por escarpas a leste e montanhas ao norte, oeste e sul, apresentam formações do pré-cambriano, do Paleozóico e do Mesozóico.

A Bacia do Alto Paraguai estabeleceu-se em uma vasta região onde os processos morfoestruturais atuaram (movimentos de compensação eustática muito antigos) através de esforços distensionais no arco flexural da bacia de antepaís do Chaco, durante o último evento compressivo no orógeno andino. (BRASIL, 1984, SHIRAIWA, 1994, USSAMI *et alii*, 1999, ASSINE, 2003).

Houve movimentos constantes de equilíbrio de massas, pois com o soerguimento dos Andes, e o da Bacia Sedimentar do Paraná, uma grande área entre elas foi abatida, onde se instalou a atual Depressão do Rio Paraguai que, segundo Almeida (1974), é o prolongamento setentrional da região do Gran-Chaco. Posteriormente, instalaram-se processos morfoclimáticos que esculturaram estas áreas soerguidas.

Segundo Penteado-Orellana (*apud* Brasil, 1984), o substrato irregular da Formação Pantanal e suas diferentes espessuras devem-se a um sistema de falhamentos em blocos, alguns antigos, outros reativados, do tipo *horst-graben* elaborados com intensidades variáveis ao longo da área abatida.

Brasil (1984) menciona evidências de efeitos tectônicos e de subsidência recentes nesta área, como por exemplo, devido à indefinição de alguns trechos da rede de drenagem e comportamento direcional de alguns rios que sugerem um controle estrutural subjacente, dentre eles, aqueles observáveis no Rio Paraguai.

Associado às características paleoclimáticas e das deposições sedimentares na região, segundo Soares *et alii* (1998), atualmente existem falhas ativas no interior da Bacia do Pantanal e muitas delas associadas ao Lineamento Brasileiro, feição tectônica de direção NE que cruza a América do Sul, partindo do nordeste brasileiro. Cruza a Bacia do Pantanal e segue até a Bacia do Chaco paraguaio. Assine (2003) menciona que a Bacia do Pantanal é sismicamente ativa por encontrar-se no antepaís de orogenia andina e cujos epicentros encontram-se alinhados com os epicentros da zona sísmica de Goiás, sugerindo que a sismicidade no Pantanal tenha relação com estruturas associadas ao Lineamento Transbrasiliano (FIGURA 3).

A Petrobrás, na década de 70, detectou uma importante falha no interior do Pantanal, situada a norte do rio Taquari, cuja natureza e direção são desconhecidas, mas que (*apud* USSAMI *et alii*, 2000), a localização desta falha coincide com “o epicentro de um sismo cujo mecanismo focal indica compressão de direção leste-oeste”.

Brasil (1984) menciona e aponta em seu mapa geológico um conjunto estrutural de intensa atuação tectônica nos sedimentos da borda noroeste da Bacia sedimentar do Paraná, observadas facilmente por imagens de radar, determinando falhas e fraturas, dominantes em 3 direções preferenciais: NE-SW; NW-SE e N-S. Outro conjunto estrutural é verificado sobre rochas pré-cambrianas pertencentes aos Complexos Rio Apa, e Xingu, e aos grupos Aguapeí, pertencentes ao Craton Amazônico (ALMEIDA, 1978, *apud* BRASIL, 1984) Cuiabá, Corumbá, Jacadigo e Alto Paraguai, mostrando direções NE-SW; NW-SE, N-S e E-W. O Grupo Corumbá apresenta direções NNW.

Figura 3 – O Lineamento Transbrasiliano marcando o *trend* de falhas NE-SW que atravessam obliquamente a bacia do Pantanal e associado aos recentes tectonismos quaternários. A Imagem mostra o lineamento atravessando com detalhe a área do Cone Aluvial do Rio Taquari (ASSINE, 2004).

Riccomini e Assumpção (1999), sobre a tectônica quaternária no Brasil, indicaram a existência de falhamentos, mais precisamente no Holoceno, em quase todas as províncias geológicas do Brasil. Na Bacia do Pantanal e leste do Paraguai, os autores mencionam (*apud* MILANI *et alii*, 1990) que falhas reversas afetaram os preenchimentos sedimentares do plio-pleistoceno e que foram reconhecidas

através de uma seção sísmica na porção nordeste da Bacia do Pantanal. Ao longo da borda sudeste da mesma bacia, uma população de falhas cortam depósitos coluviais holocênicos com direção predominante WNW e que uma zona de falha NE ativa na porção central da Bacia do Paraguai esteja relacionada à reativação do lineamento Transbrasiliano, no embasamento.

Foram ainda mapeados diversos lineamentos representando falhas e fraturas nas serranias do entorno da Bacia do Alto Paraguai, alguns adentrando em vales aluviais atuais na planície pantaneira, pelo projeto RadamBrasil (Brasil, 1984) e pelo CPRM (2004). Estes lineamentos mapeados servirão de base para correlacionar com a organização dos elementos da Baixa Nhecolândia, a partir dos resultados deste estudo.

Assine (2003) acrescenta que o Lineamento Transbrasiliano pode estar associado a este rio. Menciona ainda que feições de direção NE dentro da planície indicam atividade tectônica sinsedimentar, estando associadas também a este lineamento. Cita também que “a tectônica da bacia tem desempenhado um importante papel no desenvolvimento da paisagem do Pantanal, mudando níveis de base e gradientes topográficos”.

O mesmo autor acrescenta que atividades neotectônicas dentro do Leque aluvial do Rio Taquari são indicadas por feições morfológicas e lineamentos, principalmente lineamentos de NE que faz parte de um *trend* de lineamentos nesta mesma direção que cortam paleocanais do leque aluvial e que estariam relacionados ao Lineamento Transbrasiliano.

Este lineamento estaria associado aos vários epicentros de terremotos no Pantanal e no Brasil que se encontram alinhados com epicentros distribuídos no território brasileiro (Figura 4). Observa-se que a área da Baixa Nhecolândia apresenta ocorrências de epicentros com magnitudes entre 5 e 6 e profundidade

superficial entre 0 a 60 km, conforme mapa de sismos no Brasil entre 1724 a 1998 do Instituto Astronômico e Geofísico/ Universidade de São Paulo.

Figura 4 – Ocorrência de sismos na área da Baixa Nhecolândia a partir do mapa dos sismos ocorridos no Brasil de 1724 a 1998, cujas magnitudes foram maiores que 2,5 (Adaptado de IAG/USP, <http://www.iag.usp.br/siae98/geofisica/sismos.jpg> em 04/02/2007)

Orellana (1979 *apud* BRASIL, 1984) menciona que após o fecho da sedimentação da Bacia Sedimentar do Paraná no final do Cretáceo e início do Terciário, a região sofreu modificações através da reativação tectônica de antigos falhamentos produzidos pelo soerguimento dos Andes. Com o abatimento da depressão, no Cenozóico, houve seu preenchimento com sedimentos pleistocênicos da Formação Pantanal formando uma superfície de agradação e posteriormente cortada pelos tributários do rio Paraguai. (ORELLANA 1979, *apud* BRASIL 1984). (FIGURA 5).

O Leque Aluvial do Rio Taquari, e portanto a Baixa Nhecolândia, encontram-se circundados pelas zonas de cisalhamento do Planalto Residual de Urucum-Amolar, a oeste, os Planaltos do Taquari-Itiquira e Maracaju-Campo Grande, a leste, e Planalto da Bodoquera, a sul. Além dos processos ligados à dinâmica hídrica regional, as características e estruturas das unidades da paisagem poderiam ser, portanto, influenciadas pelas atividades tectônicas antigas e atuais que se encontram ativas na região da Bacia do Pantanal, e ainda conferindo sismicidade regional.

**Figura 5 - Mapa geológico da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal
(BOGGIANI & COIMBRA, 1995)**

Provavelmente os climas variaram do semi-árido ao tropical úmido. Durante o Pleistoceno as oscilações climáticas afetaram provavelmente o caráter cíclico da

sedimentação da Formação Pantanal que se caracterizava por um ambiente fluvial e/ou fluviolacustre.

Na última fase glacial do Pleistoceno possivelmente na região predominava um clima semi-árido, que era sujeito a fortes agentes deposicionais do tipo “torrencial”, produzindo Leques Aluviais (ALMEIDA, 1959).

Braun (1977) cita também que a depressão foi preenchida por sedimentos pleistocênicos de origem fluvial, inconsolidados, constituídos por areias contendo níveis siltico-argilosos, areno-argilosos e areno-conglomeráticos, além de aluviões fluviais recentes nas planícies de inundação dos principais rios. Pelo menos os termos superiores do acúmulo da sedimentação pleistocênica correspondem a vastos leques aluviais, dos quais ressalta o do rio Taquari, com cerca de 55.000 Km². O rio Taquari apresenta-se como um dos principais afluentes do rio Paraguai.

Atualmente, a Depressão do rio Paraguai é constituída de aluviões, coluviões e elúvios (depósitos detríticos, segundo BRASIL, 1984) depositados sobre um piso aplanado de rochas do Grupo Cuiabá. Formações superficiais encontradas parcialmente laterizadas e datadas do Pliopleistoceno, indicam, ainda segundo BRASIL (1984), que houve uma fase de clima úmido e outra de clima seco, ambos agressivos, que ocasionaram primeiro sua deposição e posteriormente a que promoveu a laterização.

O clima atual da região pantaneira, estudada por Tarifa (1986), caracteriza-se por apresentar altas temperaturas. A latitude tropical e a continentalidade, associadas à condição topográfica deprimida e de baixas altitudes, determinam o caráter megatérmico do Pantanal.

As mínimas absolutas de temperaturas ocorrem a partir de abril até setembro e são comuns os resfriamentos abaixo dos 10°C e as máximas absolutas

ultrapassam os 40°C e coincidem com os meses de setembro a novembro, coincidindo com o nível mínimo de inundação do rio Paraguai, na planície pantaneira.

A pluviosidade no Pantanal apresenta um ritmo sazonal, com menos chuvas no outono-inverno, por volta dos 100 mm, e uma concentração substancial no período de primavera-verão, com precipitações da ordem de 250 a 300 mm. As médias anuais situam-se ao redor de 1.100 mm.

Com base nos mapeamentos das chuvas referentes ao período de 1967/1969 pelo PNUD-DNOS, Tarifa (1986) menciona que os valores da pluviosidade aumentam à medida que aumenta a altitude; na “parte baixa e plana, a distribuição da pluviosidade segue um padrão de manchas, ou ilhas com distribuição, ou ilhas com distribuição aleatória no espaço, o que pode significar serem gerados por processos convectivos dado ao elevado aquecimento basal da coluna de ar”.

No que se refere às precipitações pluviais na área da Baixa Nhecolândia, o gráfico 1 (Soriano e Balbina, 2002) mostra a normal pluviométrica mensal no período de 1977 a 1999 a partir de dados coletados na Faz. Nhumirim (Figura 1) e que o período das chuvas na região começa aproximadamente no mês de novembro (130 mm) culminando em janeiro com 213mm.

Os meses de fevereiro e março apresentam valores menores que janeiro, por volta dos 150mm, entretanto estes 2 meses podem ser considerados ainda chuvosos. A partir de abril a precipitação diminui gradativamente até os meses de junho, julho e agosto onde as precipitações atingem seus valores mais baixos, respectivamente 24, 18 e 24 mm.

Gráfico 1 - Distribuição do total mensal de precipitação pluviométrica na fazenda Nhumirim em 2000, comparada à normal climatológica de 1977 a 1999. (Soriano e Galdino, 2002)

No mesmo gráfico os autores apresentam também os dados mensais referentes ao ano de 2000. Observam-se neste caso 2 picos de alta precipitação, o primeiro entre os meses de fevereiro a março e o segundo entre os meses de novembro a dezembro. O período das mais baixas precipitações em 2000 ocorreu entre os meses de maio, junho e julho, respectivamente 1,4, 3 e 9 mm. Os autores observaram também que nesses meses de Maio, junho e julho foram os que apresentaram chuva abaixo da média esperada para a Faz. Nhumirim, portanto, representativo para a Baixa Nhecolândia como um todo, podendo-se considerar zero de chuva para os três meses. Verificou-se queda brusca da umidade relativa do ar, principalmente em julho.

O mês de agosto, que faz parte dos meses que compõem o período seco na região, apresentou um total de 124,0 mm de precipitação, bem acima do valor esperado pela normal (24,2 mm), mas com distribuição irregular, seguido dos meses de setembro e outubro com chuvas abaixo da normal. Os demais meses do ano apresentaram chuvas superiores ou iguais aos respectivos valores da normal.

De acordo com o Departamento Nacional de Obras e Saneamento (BRASIL, 1974), a infiltração da chuva nos pantanais é moderada, segundo observação do nível de água em poços. O que determina a taxa de infiltração diferenciada em solos semelhantes é o índice de saturação que estes solos podem apresentar. Uma lâmina d'água fina após forte chuva permanece por uns dias, infiltrando-se moderadamente, enquanto que com o solo saturado, em condições de enchente, uma lâmina d'água pode permanecer durante semanas ou meses.

A Formação Pantanal constitui um depósito d'água de grandes proporções formada por uma sucessão de sedimentos predominantemente arenosos, às vezes argilosos, inconsolidados, e permeáveis (ADAMOLI, 1986).

O rio Paraguai é o principal curso d'água no Pantanal; apresenta direção geral N-S, ora inflectindo para sudeste, ora para sudoeste, condicionado por um controle estrutural, já mencionado anteriormente; apresenta secções meândricas, angulosas e retilíneas. Os principais tributários são: Jauru, Cabaçal, Sepotuba, Cuiabá (e seus afluentes São Lourenço e Piquiri), Taquari, Miranda (e seu afluente o Aquidauana) e Apa (ADAMOLI, 1986), caracterizando-se como dissimétrica (TRICART, 1984).

Ainda segundo Tricart (1984), o Pantanal ou “áreas brejosas” são áreas amplamente cobertas por pequenas lagoas, por velhos meandros abandonados ou por antigos leitos de rios, que podem ser encontrados completamente ou parcialmente cobertos por vegetação.

Este fato deve-se a esta planície apresentar uma declividade muito fraca, da ordem de 0,3 a 0,5 m/km (TRICART, 1984) e, conseqüentemente, o volume de água dos rios escoaria muito lentamente sendo uma das causas das inundações periódicas. É importante assinalar que há um retardo de quase 60 dias entre as inundações nas altas bacias dos rios e aquelas da planície. Assim, não há correspondência entre a estação das chuvas e as inundações (ADAMOLI, 1986), uma vez que a primeira se estende de outubro a março em toda a bacia, enquanto que a inundação máxima é esperada entre maio e julho, no rio Paraguai.

As águas, então, chegam ao Pantanal em maior volume do que a capacidade de escoamento, originando as inundações. Valverde (1972) calculara que a velocidade média de translação da onda de enchente no Pantanal seria de 12km/dia, antes do transbordamento do rio Paraguai, e de 9km/dia no auge da cheia. Essa velocidade de translação determina um atraso de 60 ou mais dias entre a entrada da cheia em Poconé ou Cáceres e a chegada em Corumbá, ao longo do rio Paraguai, da mesma forma que entre Coxim e Porto da Manga, no rio Taquari.

Sobre o funcionamento fluvial, Adamoli (1986) observa que o transporte de sedimentos em suspensão das partículas finas, e das areias finas a médias no leito é contínuo e, durante as cheias, estes sedimentos somados a uma grande quantidade de matéria orgânica são espalhados pela região. Nos rios, sedimentos são depositados em suas margens formando diques, o que contribui para o levantamento gradual de seus leitos e, o rio tendendo a alargar sua seção transversal, aumenta a área de inundação, o que proporciona reflexos nas enchentes.

Neste caso, o rio Taquari apresenta-se como um distributário de águas dentro do seu macro leque aluvial, isto é, distribuindo águas para a Nhecolândia ao sul e Paiguás ao norte (FERNANDES, *et alii*, 1996, 1997, 2000). Assim, em época de

cheia, esse rio transbordaria e abasteceria corixos e vazantes por superfície e lençol freático por subsuperfície (BRASIL, 1984, FERNANDES, *et alii*, 1996, 1997, 2000).

O gráfico 2 mostra, no período de 1969 até 1978, as oscilações das águas em 3 pontos do Rio Taquari em relação ao Rio Paraguai em Porto da Manga.

Observa-se o pico das cheias do Rio Paraguai, na altura de Porto da Manga, em relação aos picos de cheias em 3 pontos ao longo do Rio Taquari (Porto Rolon e São Gonçalo, no Pantanal, e Coxim, no planalto). Nota-se que as cheias do Rio Paraguai apresenta uma defasagem de alguns meses após as cheias do Rio Taquari.

As cheias começam quando as águas do Rio Taquari, a partir de Coxim, ainda no Planalto de Maracaju, atingem a planície pantaneira por volta do mês de outubro, enquanto que o Rio Paraguai apresenta seu nível mais baixo. Alguns meses mais tarde (3 ou 4 meses), quando o nível das águas do Rio Paraguai começa a subir, o Rio Taquari já está com suas águas diminuindo. Tal fato mostra que o nível das águas do Rio Paraguai aumenta quando este recebe a contribuição das águas de seus afluentes, dentre eles o Rio Taquari. No entanto, na porção distal do leque, por sua vez, as águas do Rio Taquari podem se manter elevadas por mais tempo em função do bloqueio ou barragem ocasionados pela cheia do Rio Paraguai (ADAMOLI, 1986, LEÃO, 1996, SAKAMOTO, 1997, BRASIL, 1997, QUEIROZ NETO *et al.*, 1998, FERNANDES, 2000)

O mapeamento das águas subterrâneas apresentado por Leão (1996), teve como base dados do DNOS (BRASIL, 1974) e o levantamento de número reduzido de poços (cerca de 100). Indica que os fluxos subterrâneos seriam divergentes, dirigindo-se na sua margem direita (região do Paiaguás) para NW e posteriormente W até atingir o Paraguai; na margem esquerda (Nhecolândia), os fluxos dirigir-se-iam para SW atingindo a planície do Rio Negro. Segundo ainda

Gráfico 2– Descargas dos rios Taquari e Paraguai no período de janeiro de 1969 a outubro de 1978.

este autor, as lagoas da Nhecolândia seriam abastecidas por esses lençóis subterrâneos. No entanto, Sakamoto (1997) mostrou que, pelo menos na área da Curva do Leque, o nível dos lençóis freáticos é influenciado pelo nível das águas do rio Paraguai.

A vegetação dominante é o cerrado, com diversas feições. Para distingui-la ao longo do texto, utilizaremos a proposta de Coutinho (1990) que estabelece uma sucessão para a vegetação de cerrado: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado s. stricto, cerradão, floresta estacional tropical (semi-distrófica e eutrófica).

Assim como mencionado, o autor aceita o uso do termo “complexo do Pantanal” para a região da Nhecolândia, área de estudo do qual trata este trabalho, pela efetiva interpenetração de elementos que ocorrem, quais sejam: baías, salinas, campos, “cordilheiras”, vazantes e corixos que se associam às várias comunidades vegetais, como por exemplo *Copernícia alba* – Carandazais; também existem alternâncias de cerradões, matas e cerrados sobre “cordilheiras”; cerrados, campos cerrados e matas contornando salinas, baías e campos inundáveis. O Cerrado se desenvolve, na área “core” do Pantanal, predominantemente sobre solos de texturas médias a arenosas (areias quartzosas hidromórficas, Podzóis hidromórficos e lateritas hidromórficas).

1. 1. O Leque Aluvial do Rio Taquari

O leque aluvial do rio Taquari é um dos maiores leques aluviais interiores do globo e pertence a um conjunto de vários leques aluviais, cujo rio Paraguai é o rio principal. Ocupa uma área de aproximadamente 50.000 km², representando cerca de 37% da área total do Pantanal, e com diâmetro cerca de 250 km e facilmente visível nas imagens de satélite, sendo comparado aos grandes leques aluviais da

Índia e da América do Sul (ASSINE, 2003, *apud* HORTON & DeCELLES, 2001; SHUKLA *et alii*, 2001).

Observando que as enchentes não atingem por igual a planície pantaneira, Franco & Pinheiro (BRASIL, 1984) distinguiram diversas categorias de terrenos no Pantanal, com respeito ao alagamento pelas inundações, destacando para o leque aluvial do Taquari a área denominada de *Planície Fluviolacustre*, ou seja, “área plana resultante da combinação de processos de acumulações fluviais e lacustres, geralmente comportando canais anastomosados”.

O leque aluvial do rio Taquari pode ser dividido em duas porções: 1) o Paiaguás, porção ao norte do rio Taquari; 2) a Nhecolândia, porção ao sul do rio Taquari.

A área de estudo desta tese é a denominada Baixa Nhecolândia (FERNANDES, 2000) que é considerada uma sub-área da região da Nhecolândia refere-se àquela denominada por Braun (1977) de “área flúviocárstica” (2TK), com concentração de inúmeras lagoas; que corresponderia ao que Ramalho (1978) chamou de “terraços aluviais de espraçamento”; e Franco & Pinheiro (BRASIL, 1984) a “planície fluviolacustre” no setor sul do Pantanal, cuja maior peculiaridade é comportar uma grande quantidade de “baías”, com características distintas limitadas por “cordilheiras” e interligadas através de “vazantes”, como será descrito a seguir.

1.2. A Nhecolândia e a Baixa Nhecolândia

A área da Nhecolândia foi destacada por vários autores como uma área diferenciada no leque aluvial do rio Taquari.

Em 1943, Cunha observara uma concentração de lagoas em uma região ao sul do rio Taquari, cuja “qualidade de suas águas, caracterizadas por lagoas salinas seria uma particularidade da região”. Cita também que não existem somente lagoas

salinas, mas também lagoas salinas com águas bicarbonatadas, cloretadas e sódicas.

Almeida & Lima (1959) assinalara que o “Pantanal da Nhecolândia” seria composto por numerosas “baías”, interligadas por “vazantes” e “corixos”, e “salinas”. Atribuíra a origem destas “baías” a prováveis processos de acomodação por compactação diferencial de aluviões, embora fatores locais como deflação tenham influenciado na sua gênese.

Braun (1977), apresentou um estudo sobre o leque do rio Taquari, através de imagens LANDSAT 5 e 7, e fotos USAF (1:60.000), diferenciando sete unidades geomórficas, a partir da associação dos fatores topográficos e a gênese das feições morfológicas. Dentre estas unidades, faz referência a uma, ao sul do rio Taquari, que se caracteriza pela presença de inúmeras lagoas formadas em “depressões da baixada aluvial”, com relevo cárstico sotoposto e presença de evaporitos formados nos sedimentos quaternários em clima mais árido. O aspecto desta unidade difere totalmente do restante do leque e corresponderia à Baixa Nhecolândia.

No caminho para se compreender as características da Nhecolândia, Sanchez (1977) destaca o Pantanal do Taquari como sendo uma área de “derrames aluviais, com composição em leque com canais divergentes, do rio Taquari.”, que abrange todo o Leque do Taquari e não somente a área de inundação atual deste rio, segundo sua descrição.

Cunha (1981, *apud* Brasil, 1984) menciona que as lagoas da Nhecolândia eram todas salinas em um clima seco anterior ao atual. As inundações que passaram a ocorrer posteriormente comunicaram as lagoas salinas com corixos e vazantes e foram perdendo gradativamente sua salinidade pela troca de águas, permanecendo com maior concentração de sais aquelas isoladas.

Tricart (1982) considerou a origem das lagoas a partir de processos de deflação eólica, considerando as lagoas de paleodepressões de deflação em áreas de paleodunas.

Ainda em 1982, Klammer (*apud* ASSINE, 2003) identificou a ocorrência de dunas longitudinais fossilizadas, com direções de NNE-SSW e NNW-SSE, com base na interpretação de imagens de radar, e mencionou a predominância de paleoventos de NNE e NNW, sendo então o relevo do Pantanal como o de um deserto posto sob influência de um clima úmido e as lagoas foram formadas em áreas interdunares.

Verifica-se que muitos autores observaram a existência de uma área com ocorrência de numerosas lagoas, dentre elas, salinas. Entretanto, Fernandes (2000), caracterizou a área da Nhecolândia como a porção localizada na aba sul do leque aluvial do rio Taquari e que apresenta uma heterogeneidade resultante da variabilidade, da distribuição e da combinação das feições topográficas; fisionomia vegetal e organização da drenagem, distinguindo-a em 6 compartimentos: 1) Planície Aluvial Atual do Rio Taquari; 2) Pantanal do Rio Negro; 3) Área da Vazante do Corixinho; 4) Alta Nhecolândia; 5) Área de Transição da Baixa e Alta Nhecolândia; 6) Baixa Nhecolândia:

Sobre o funcionamento hidrico da Nhecolândia, Queiroz Neto *et alii* (1998) e Fernandes (2000) observaram que este ocorre da seguinte forma: as cheias na Nhecolândia ocorrem quando as águas do rio Taquari se elevam, abastecendo todo o lençol freático da Alta Nhecolândia seguindo em direção à borda sul do leque aluvial, enquanto o rio Paraguai, na altura de Porto da Manga encontra-se com seu nível d'água mais baixo. Quando o nível das águas do rio Paraguai sobe, as águas do rio Taquari estão baixas e as águas do lençol freático que desce da Alta Nhecolândia em direção à borda do leque aluvial, são bloqueadas pela cheia do rio Paraguai, ocasionando também o momento de cheia na porção oeste da Nhecolândia.

A partir de Sakamoto (1997), Queiroz Neto (1998), Fernandes (2000), Capellari (2001) e Barbiero (2002) a Baixa Nhecolândia, então, foi delimitada e seus principais elementos estudados com mais detalhe, bem como suas interações.

A respeito da topografia, Fernandes *et alii*, (1996) e Fernandes (2000) observaram através de modelagem digital de terreno (MDT) que a Nhecolândia possui duas áreas topograficamente distintas, uma com altitudes menores que 100m onde se visualizam curvas de nível mais espaçadas, sugerindo um aplainamento maior e que corresponderia no geral à Baixa Nhecolândia (Letra A, Figura 6); outra acima dos 100m, onde as curvas estão mais densas e seguem em direção à Serra de Maracaju, correspondendo à Alta Nhecolândia (Letra B, Figura 6).

Os autores identificaram que esta configuração topográfica apresentaria curvas de nível alinhadas e ortogonais (I e II, Figura 6) dispondo-se alternadamente mais espaçadas e mais adensadas, formando patamares escalonados de SW a NE. Tal situação topográfica não foi explicada na época por Fernandes *et alii* (1997) e Fernandes (2000), entretanto esta configuração sugere evidências de influências estruturais regionais associados a processos hidromórficos na Baixa Nhecolândia.

Apesar dos autores até então destacarem as características principais do leque aluvial do rio Taquari e da Nhecolândia, somente Assine (2003) teria mencionado a influência da estrutura tectônica regional no traçado dos cursos d'água, por exemplo.

Este autor comenta que feições morfológicas e lineamentos dentro do “megaleque” do Taquari indicam atividade tectônica, citando que os lineamentos em sedimentos quaternários na região da Nhecolândia constituem um *trend* de lineamentos de direção NE que cortam paleocanais do “megaleque”.

Figura 6 - Características topográficas da Nhecolândia sobre modelo digital de terreno (FERNANDES *et alii*, 1997).

Menciona, por outro lado, que muitas das formas existentes, especialmente as lagoas isoladas pelas cordilheiras (salinas) não podem ser explicadas por processos aluviais, mas satisfatoriamente por processos eólicos onde existem formas reliquias produzidas por deflação eólica, concordando com Klammer (1982).

Seguindo na mesma direção de observações, Zani *et alii* (2006) identificam feições lineares de relevo que foram associadas às estruturas rúpteis do Lineamento Transbrasiliiano (Figura 7).

Ainda considerando lineamentos estruturais e hidrodinâmica, Zani *et alii* (2006) estudando a rede de paleocanais existentes na superfície do leque aluvial caracterizaram 6 lobos deposicionais que testemunhariam a evolução hidromorfológica do cone.

Figura 7 – Feições lineares na Baixa Nhecolândia e a presença marcante de paleocanais em toda a superfície do leque, testemunhando antigos traçados do rio Taquari. (Zani et alii, 2006, p.287)

Os autores identificaram também uma trama de paleocanais e anomalias de drenagem que se encontram relacionados ao Lineamento Transbrasilião. Mencionaram ainda (*apud* Soares *et alii*, 1998) “evidências de controle tectônico por estruturas de direção NE associadas ao Lineamento Transbrasilião, muito evidentes na parte superior do lobo onde condiciona o traçado de rio tributário atual.”

Os autores acima compartimentaram a Nhecolândia em 6 lobos de deposição sedimentar (Figura 8). A área da Baixa Nhecolândia insere-se no lobo 6, como sendo uma área que preserva feições relictas mais antigas e que a elaboração dos lobos teriam um controle hidrodinâmico e influência dos lineamentos regionais. Vale lembrar que as delimitações dos 6 lobos deposicionais apresentados na figura 8 tem correlação espacial com os 6 compartimentos fisiográficos de Fernandes (2000)

A hipótese colocada é que sim, ou seja, as atividades das estruturas regionais, ativas até hoje, associadas à dinâmica hidrológica controlariam os elementos da paisagem na Baixa Nhecolândia, principalmente a rede hidrográfica, e que este controle pode ser identificado através da correlação entre o padrão espacial desses elementos e os lineamentos regionais.

Portanto, esta tese propôs os seguintes objetivos:

- 1) Identificar padrões intrínsecos de distribuição espacial para os elementos da Baixa Nhecolândia (topografia, vazantes, lagoas salinas, baías, cordilheiras e áreas de campos), analisando as características de cada unidade individualizada de seu contexto regional. O fato de dissecar cada ocorrência desses elementos permitiu estabelecer relações espaciais importantes que permitiram a identificação das formas, tamanhos, distribuições espaciais, densidades, orientações e interpretação da organização espacial para cada elemento da paisagem.
- 2) Verificar se estes padrões de cada elemento da paisagem poderiam estar correlacionados à dinâmica hidrológica do cone aluvial do rio Taquari e/ou às estruturas lineares tectônicas das regiões do entorno.

Para a identificação de padrões espaciais, foi utilizada neste estudo a terminologia popular empregada para denominar feições morfológicas e hidrológicas particulares, terminologia esta que se tornou amplamente conhecida e apropriada pela literatura especializada sobre o Pantanal e que se encontram abaixo relacionadas.

- **Vazantes:** depressões lineares que na subida do lençol freático servem de escoamento entre baías, adquirindo caráter de curso fluvial intermitente, com vários quilômetros de extensão.

- **Baías ou lagoas hipohalinas (baías)):** pequenas depressões, geralmente circulares, alongadas, que contém água durante as cheias e podem chegar a um metro de fundura;
- **Salinas ou lagoas alcalinas:** pequenas depressões, mais rebaixadas que as baías, circulares, ovaladas ou oitavadas, permanentemente com água, geralmente salinas (pH 9), que não são atingidas pelas cheias e que na maioria das vezes são circundadas pelas cordilheiras;
- **Cordilheiras:** elevações alongadas cuja altura não ultrapassa 3 metros acima do nível das lagoas, mas apenas 1 a 2 metros acima das baías e vazantes .
- **Área de campos:** áreas aplainadas ligeiramente mais deprimidas que as cordilheiras, porém mais elevadas que as baías e vazantes que ocorrem no seu interior. Apresenta alagamentos de caráter sazonal ou intermitente.

Além destes, outro parâmetro importante para análise espacial e possível correlação com as estruturas lineares regionais e à dinâmica das águas são as características da topografia da Baixa Nhecolândia.

Para se alcançar os objetivos propostos a escolha de técnicas de geoprocessamento adequadas foi uma preocupação constante. Imagens de satélites foram tratadas, classificadas, separadas suas classes e correlacionadas pelas técnicas de geoprocessamento e banco de dados de sistema de informação geográfica (SIG) e, cujos procedimentos e técnicas detalhados, serão apresentados a seguir.

2. Procedimentos e materiais

2.1. Identificação dos elementos da paisagem

A Baixa Nhecolândia é uma região cujos principais elementos da paisagem se combinam e que seguem um provável padrão de distribuição espacial. Estes elementos da paisagem são:

- as cordilheiras;
- vazantes;
- áreas de campos,
- lagoas de águas hipohalinas (baías) e
- lagoas de águas salinas.

Além destes elementos, as características espaciais da topografia também foram consideradas e analisadas. Cada elemento da paisagem pôde ser identificado e delimitado nas imagens de satélite.

A fim de se alcançar os objetivos propostos citados no capítulo anterior, a identificação dos principais constituintes da paisagem na região da Baixa Nhecolândia foi o primeiro passo a ser realizado e pôde ser determinado por imagens de satélites e, conseqüentemente, mapeadas suas características espaciais.

Os elementos da paisagem são diferenciados nas imagens de satélite quanto a suas cores e formas e, conseqüentemente, passíveis de serem identificadas e mapeadas para suas posteriores análises morfológicas e espaciais que serão descritas nos capítulos seguintes.

Entretanto, o forte aplainamento característico da região provoca uma dificuldade de identificação e distinção, de certos elementos da paisagem, como por exemplo,

a topografia. Por outro lado, as feições topográficas puderam ser identificadas através de modelagem digital de terreno pelas imagens SRTM (NASA) e que serão detalhadas adiante.

Para tais identificações e mapeamentos foram utilizadas técnicas específicas de geoprocessamento de imagens associadas ao controle de campo.

A execução do trabalho foi realizada sob a divisão em quatro fases distintas: pré processamento das imagens (leitura, registro e ajuste de contraste), processamento de imagem (segmentação e classificação supervisionada por regiões), integração dos dados coletados em campo contra a imagem classificada e elaboração do documento final, a partir de CROSTA (1993).

2.2. Pré-processamento de imagens

Com o objetivo de identificar os elementos da paisagem da Baixa Nhecolândia, foram elaboradas cartas classificadas, na escala regional de 1:100.000, através das técnicas de sensoriamento remoto pelo tratamento de imagens de satélites LANDSAT-TM5 (226/73) de 20/10/1990 cujos elementos da paisagem apresentam-se com excelentes qualidades visuais, por exemplo, as lagoas apresentavam águas altas e bem delimitadas, e LANDSAT-TM5 (226/73) de 27/07/1988, correspondente a uma das maiores cheias na região.

Além desta imagem, foram utilizadas as imagens ASTER (mosaico) para identificar detalhes de cada elemento e imagens SRTM (NASA) para se elaborar os modelos digitais que foram utilizados para a descrição e interpretação da topografia.

Foram utilizados os programas de tratamento e classificação de imagens SPRING (INPE-Brasil), a ferramenta de modelagem digital de terreno do Global Mapper (versão 5.05) e para as correlações dos temas, o uso do ArcView GIS 3.2 (ESRI).

Os elementos cartográficos de base foram utilizados a partir das cartas topográficas 1:100.000 do DSG.

O controle das observações em campo referentes aos elementos da paisagem ocorreu nas áreas das três Fazendas (Nhumirim, São Joaquim e Firme), onde se realizaram também coletas de informações de características físico-químicas das águas, nos anos de 2002 a 2004, com o apoio de fotografias aéreas 1:15.000 e 1:60.000, cartas topográficas regionais e as imagens de satélite citadas acima.

O critério de escolha das bandas 3, 4 e 5 do sensor TM5 para a execução deste trabalho seguiu as especificações de Lillesand & Kiefer, (1994, *apud* COUTINHO 1997) e MOREIRA (2001), que se referem as potencialidades espectrais para identificação de alvos pelas bandas deste sensor do satélite LANDSAT.

A partir destas informações, foram escolhidas as 3 bandas que melhor representaram os elementos da paisagem da área de estudo para as etapas de tratamento e classificação das imagens:

- Banda 3 – Permite bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (exemplo: campos, campos cerrados e cerrado).
- Banda 4 – Permite o mapeamento de corpos d'água (lagoas, vazantes e corixos), pela forte absorção de energia nesta região pela água. Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre a geomorfologia e solos (solos hidromórficos).
- Banda 5 – Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por deficiência hídrica e utilizada para diferenciar campos secos e úmidos.

2.2.1. Leitura das imagens

Passada a fase de definições metodológicas, partiu-se para a execução do trabalho, dando início ao pré-processamento das imagens. O aplicativo IMPIMA 4.0 foi utilizado para a leitura e conseqüente entrada dos dados em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas), que possibilitou a conversão dos arquivos digitais das imagens LANDSAT TM5 geradas em formato "TIFF" para o formato "GRIB" (*Gridded binary*) que, conforme INPE (2004), é um formato de valores de ponto de grade expresso no modo binário. Este formato de arquivo destina-se a aumentar o desempenho da transmissão e economizar memória no armazenamento, visto que é uma forma compactada de dados.

2.2.2. Registro de Imagens

O SPRING 4.0 (Sistema de Processamento de Imagens), programa de domínio público, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), foi o aplicativo usado para o processo de registro de imagens ou, seu sinônimo georreferenciamento que se trata de uma transformação geométrica que relaciona coordenadas geográficas (latitude e longitude), com coordenadas na imagem (linhas e colunas). Essa transformação corrigiu distorções existentes na imagem, causadas no processo de sua formação, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma (INPE, 2003).

Foram seguidos os procedimentos de rotina do aplicativo que determinam a criação de um diretório rotulado como banco de dados para arquivar as informações.

A opção metodológica para a aquisição dos pontos de controle para o registro do plano de informação composto pela imagem TM5 de 20/10/1990, foi via teclado, modo pelo qual atribuíram-se pares de coordenadas x e y (latitude e longitude), para pontos identificados nas cartas topográficas 1:100.000 do DSG, que serviram

de fonte de referências geográficas para registro da imagem. Após o terceiro ponto de controle o sistema já foi capaz de inserir os pontos de controle em regiões próximas as que efetivamente seriam as corretas. Foram usados trinta e dois pontos de controle para o registro de imagem disponibilizados pelo SPRING 4.0.

Ao término do processo de registro da imagem TM5 foi feita a importação desta para o sistema. O SPRING 4.0 possui uma função customizada para fazer tal importação, os procedimentos são bastante simples e ao final da rotina de importação se obteve a imagem representada nas bandas 3, 4 e 5 em planos de informação individuais.

Como um dos objetivos desta imagem era o de servir de base para o georreferenciamento para as outras imagens que comporiam os temas futuros referentes aos elementos da paisagem, o procedimento seguinte foi o de promover o registro da outra imagem do satélite LANDSAT sensor TM5 de 27/07/1988. Para esse fim, foi realizado o mesmo processo de leitura e conversão de formatos de imagem de .TIFF para GRIB no aplicativo IMPIMA 4.0.

A região de estudo apresenta um cenário com poucas construções de estradas ou edificações dificultando a identificação de referenciais que possam garantir maior precisão ao registro da imagem. No entanto, a opção metodológica para sobrepujar o problema, foi encontrar *pixels* localizados nas regiões de lagoas, que apresentassem respostas espectrais mais altas em tons de cinza. Assim foram encontrados polígonos de lagoas semelhantes entre as duas imagens e o ponto de controle era então adquirido.

INPE (2003) determina que em áreas naturais, como é o caso deste trabalho, pode-se aceitar um erro de 3 “pixels”, para a resolução de 30 metros devido a dificuldade de se conseguirem pontos de controle. Para o registro das imagens foram usados trinta e dois pontos de controle, número máximo suportado pelo

SPRING 4.0, sendo descartado cinco destes pontos, fazendo com que a precisão do registro entre as imagens fosse da ordem de 0.7 “pixels”, superando, portanto em margem bastante significativa ao recomendado pela bibliografia.

2.2.3. Manipulação do contraste

A manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica em cada *pixel*, com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem. Realiza-se a operação ponto a ponto, independentemente da vizinhança. É normalmente utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões (INPE, 2003).

Neste trabalho a manipulação de contraste teve por objetivo equalizar a distribuição dos tons de cinza das três bandas do sensor TM pelos 256 níveis de cinza possíveis no histograma, para isso foi aplicada a equação linear disponível no SPRING 4.0, que apenas desloca os agrupamentos de tons de cinza de forma uniforme por toda a região do histograma fazendo com que as bandas exerçam a mesma influência sobre o algoritmo do aplicativo durante o processamento da segmentação.

2.3. Processamento de imagens

2.3.1. Segmentação de imagens

Woodcok & Harward (1992, *apud* COUTINHO, 1997), afirmam que o objetivo da segmentação em sensoriamento remoto é definir regiões na imagem, correspondendo a objetos na superfície terrestre. A segmentação é um processo com o objetivo de reagrupar regiões possuidoras de uma mesma propriedade.

Portanto, pode-se entender por regiões um conjunto de *pixels* contíguos, espalhados bidirecionalmente e que apresentam uniformidade (INPE 2003).

A opção metodológica de realizar a classificação supervisionada a partir do processamento da segmentação da imagem por crescimento de regiões foi implementada para minimizar os efeitos da subjetividade humana no estabelecimento do conjunto das amostras de treinamento que foram oferecidas ao classificador, conforme Moreira (2001). O autor cita que “na classificação supervisionada e não supervisionada, os procedimentos de análise dos “pixels” baseiam-se unicamente nos atributos espectrais do “pixel”. Além disso, no caso da classificação supervisionada o treinamento é muito subjetivo, porque é feito segundo um critério estabelecido pelo analista. Isto pode gerar um pacote de treinamento que não contenha todas as variações possíveis dos atributos espectrais de uma determinada classe de ocupação de solo.”

Desta forma, com o intuito de diminuir a questão da subjetividade, a segmentação de imagem foi o procedimento adotado antes da fase de classificação.

No SPRING 4.0 foi dada a entrada dos dados para dar início ao processo de segmentação de imagens, atribuindo um nome para o plano de informação e escolher o índice de similaridade de tons de cinza pelo qual o segmentador agruparia os “*clusters*”. Neste caso após alguns testes, a opção numérica que melhor representou a verdade de campo foi conseguida com a divisão em 8 tons de cinza, sendo então necessário definir a área mínima de mapeamento em pixels, que no caso deste trabalho o valor indicado foi de 10, representando uma área total de 90.000 m².

O passo seguinte foi indicar ao aplicativo qual o segmentador a ser utilizado. Neste caso a opção foi pelo segmentador por crescimento de regiões, observando a indicação de Moreira (2001), que cita que para áreas agrícolas ou áreas de vegetação natural o segmentador que apresenta melhor desempenho, e também

recomendado pelo INPE, é o de crescimento por regiões, por ser uma técnica de agrupamento de dados na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas.

O processo de segmentação, inicialmente, rotula cada *pixel* como uma região distinta. Calcula a partir do critério de similaridade cada par de regiões adjacentes espacialmente. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. A seguir, divide a imagem em um conjunto de sub-imagens e então realiza a união entre elas, segundo o limiar de agregação definido.

Para a união de duas regiões A e B vizinhas, deve-se adotar o seguinte critério:

- A e B são similares (teste das médias);
- a similaridade satisfaz o limiar estabelecido;
- A e B são mutuamente próximas (dentre os vizinhos de A, B é a mais próxima, e dentre os vizinhos de B, A é a mais próxima).

Se A e B satisfazem os critérios acima, estas regiões são agregadas, caso contrário, o sistema reinicia o processo de teste de agregação.

2.3.2. Classificação supervisionada de imagens por regiões

De posse da imagem da Baixa Nhecolândia segmentada pôde-se dar início ao processo de classificação supervisionada de imagens por regiões. Foi necessário fornecer ao classificador o grupo de classes temáticas segundo as quais a área deveria ser representada, a opção deste trabalho foi a de dividir a região de estudo segundo os elementos da paisagem, ou sejam, as seguintes classes temáticas: cordilheiras, lagoas hipohalinas (baías) e lagoas salinas, área de

campos e solo exposto. As características topográficas seriam identificadas a partir da modelagem de terreno e não entraram neste processo especificamente.

Para cada classe acima foi necessário adquirir amostras espalhadas na imagem segmentada para treinamento na imagem, a fim de abastecer o sistema fazendo com que este pudesse calcular as médias dos valores dos pixels para cada classe. Quando cada classe foi devidamente abastecida as amostras de teste apresentaram uma coerência de 100% dos valores dos pixels agrupados.

A seguir foi realizada a escolha do classificador e definido o limiar de operação, neste caso a opção foi pelo classificador *Bhattacharrya*, que segundo Moreira (2001), usa as amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade para as classes apontadas no treinamento. Em seguida o classificador avalia para cada região a distância de *Bhattacharrya* entre as classes. A classe que apresentar a menor distância será atribuída à região avaliada. Foi estabelecido um limiar de operação para o classificador de 99,99 %.

Foi executado o processo de classificação, obtendo-se como produto final a imagem classificada segundo as classes previamente estabelecidas e citadas acima.

2.3.2.1. Conversão e exportação dos dados

Visando trabalhar com uma interface mais amigável para a fase de análise espacial dos fenômenos, a opção metodológica determinada foi a utilização do aplicativo ArcView Gis 3.2, que se encontrava disponível. Para a migração dos planos de informação que foram gerados no aplicativo SPRING 4.0 para o formato nativo do aplicativo ArcView Gis 3.2, foi utilizada a função de exportação para o formato de dados shapefile presente no aplicativo SPRING 4.0. Consumada a rotina de exportação que é bastante simples, passou-se à edição dos dados, com a incorporação dos dados gerados nos trabalhos de campo.

2.3.3. Edição dos dados

Foi utilizado o aplicativo ArcView Gis 3.2 (ESRI - Environmental Systems Research Institute, Inc.), que apesar de contar com o versões mais recentes, ainda revela-se como uma ferramenta bastante ágil e de interface muito amigável, fator preponderante para sua escolha para esta fase do trabalho.

A entrada dos dados no aplicativo foi bastante simplificada, uma vez que estes já estavam disponíveis no formato nativo do ArcView Gis 3.2 quando da exportação em formato *shapefile* pelo SPRING 4.0.

Foi criada uma área chamada “*views*” que são janelas nas quais o operador faz a edição dos dados e os armazena sob a forma de planos de informação, e que neste aplicativo recebem um nome no qual é incorporado uma extensão shp, caracterizando o arquivo como de formato *shapefile*.

O ArcView Gis 3.2 trabalha com dados de representação matricial e vetorial e uma estrutura de dados baseada em coordenadas, comumente usadas para representar os elementos de um mapa, sendo cada elemento representado por uma lista ordenada de coordenadas x e y.

No ArcView Gis 3.2 são editáveis apenas os arquivos de representação vetorial, ou seja, aquelas classes dos elementos da paisagem da Baixa Nhecolândia. As imagens que foram exportadas pelo SPRING 4.0, foram inseridas no aplicativo de edição de dados em representação matricial, funcionando apenas como plano de fundo onde os dados vetoriais pudessem ser sobrepostos no momento das análises.

2.3.3.1. Elaboração dos temas para análise espacial

O primeiro tema a ser elaborado foi o das estruturas lineares regionais que serviria de principal componente de correlação com todos os temas dos elementos constituintes da Baixa Nhecolândia gerados.

2.3.3.1.1. Identificação das estruturas lineares regionais e modelagem digital de terreno (MDT) para análise topográfica

Foram utilizadas as mesmas imagens LANDSAT-TM5 e as imagens de radar SRTM do programa SHUTTLE da NASA com a finalidade de identificar as estruturas lineares regionais, referentes à Bacia do Alto Paraguai, num primeiro momento mapeadas por BRASIL (1984) e CPRM (2004), posteriormente mapeando outras estruturas lineares visíveis que não contam dos dois mapeamentos anteriores e que puderam ser identificados por esta tese.

Posteriormente foi executada uma modelagem digital de terreno (MDT) com os mesmos dados SRTM a fim de se elaborar cartas hipsométricas, caracterizando a topografia local e regional, através do programa *Global Mapper* v.5.05 e exportado para o ArcView 3.0 a fim de se inserir os elementos cartográficos. Os perfis topográficos também foram executados sobre a mesma modelagem de dados, utilizando o programa *Global Mapper* v.5.05, e seu arquivo contendo distâncias e altitudes (extensão “.xyz”) foi importado ao programa Excel (Microsoft) e elaborado os gráficos dos perfis.

Tal operação teve o objetivo de verificar uma possível relação entre estas estruturas de lineamentos tectônicos das regiões circunvizinhas e as características dos elementos da Baixa Nhecolândia, por sobreposição dos temas.

As imagens de radar SRTM do programa SHUTTLE apresentam uma rede de pontos cotados de elevação do terreno, distantes de 90 metros, com precisão decimétrica, permitindo elaboração de modelagem do terreno 3D com muita

facilidade e com muita precisão. Mesmo as sutis feições do terreno, como as elevações e depressões no Pantanal, são registradas na modelagem.

Para a elaboração da modelagem numérica de terreno (MDT), foi utilizado o programa Global Mapper versão 5.0, onde as imagens ao serem abertas automaticamente são mosaicadas. Posteriormente visualiza-se o terreno em 3D com sombreamento.

Neste momento, as linhas de cisalhamento estrutural dos planaltos do entorno foram visualmente identificadas, registradas. A imagem gerada pelo MDT, bem como as linhas de cisalhamento estrutural dos planaltos foram exportadas para o Arcview 3.2. e correlacionadas por sobreposição com as linhas mapeadas por Brasil (1984) e CPRM (2004).

Concomitantemente à elaboração das linhas de cisalhamento dos planaltos e a partir da rede hidrográfica obtida pela imagem Landsat TM5 de 30 de outubro de 1988 e das unidades da paisagem mapeadas em separado no Arcview 3.2, foram levantadas estruturas alinhadas de alguns elementos da paisagem, como por exemplo topografia, cordilheiras, lagoas, vazantes, que poderiam ser correlacionados às linhas de cisalhamento dos planaltos do entorno, o que poderia explicar a organização destes elementos por influência da atividade geológica estrutural regional.

Foi elaborada também uma carta hipsométrica a partir do MDT gerado pelo Global Mapper 5.0, através da ferramenta de geração de contornos ou isolinhas com equidistância de 1 a 5 metros. A fim de representar a topografia regional da Baixa Nhecolândia. Optou-se por elaborar linhas equidistantes de 5 metros, uma vez que as de 1 metro causariam uma poluição visual indesejada para análise do terreno.

2.3.3.1.2. Caracterização da dinâmica hídrica da Baixa Nhecolândia

Associada a identificação dos lineamentos regionais, a caracterização da dinâmica hídrica da Baixa Nhecolândia teria um papel importante na interpretação da espacialização dos elementos da Baixa Nhecolândia.

Então, com o objetivo de identificar e compreender o comportamento espacial das águas na Baixa Nhecolândia em função do abastecimento pelo rio Taquari e suas descargas, principalmente nos rios Negro e Paraguai, foram escolhidas 14 imagens Landsat-TM7 (226/73) capturadas pelo sensor entre 2002 a 2004, de resolução 825x750 pixels e com baixa cobertura de nuvens, compreendendo a totalidade da Baixa Nhecolândia e a porção terminal do Leque do Taquari.

Estas imagens foram classificadas e a classe referente à água superficial foi separada do restante dos elementos. A seqüência desta classe de água superficial nas diversas imagens permitiu rastrear espacialmente a distribuição das águas, evidenciando a evolução espacial e temporal dos fluxos superficiais, representados pelas manchas escuras, de acordo com os períodos do ano.

A descrição destes fluxos superficiais foi correlacionada aos dados de descargas hídricas dos rios Paraguai e Taquari para assegurar maior precisão na interpretação da dinâmica das águas superficiais.

2.3.3.1.3. Geração de temas internos da Baixa Nhecolândia

A fim de compreender os padrões espaciais dos elementos da Baixa Nhecolândia, bem como verificar possíveis correlações com os lineamentos regionais, foram elaboradas as classes ou temas citados anteriormente, referentes a imagem de outubro de 1990:

- Vazantes
- Lagoas hipohalinas (baías)
- Lagoas salinas
- Cordilheiras
- Áreas de campos

Dentre as classes acima, a diferenciação e caracterização morfológica das lagoas hipohalinas (baías) e salinas foi importante uma vez que se considera estas lagoas um dos elementos que mais registra uma heterogeneidade espacial e, associadas às vazantes, onde a dinâmica e os processos atuantes ou que atuaram mais imprimiram suas características. Tal fato pode ser observado pela diversidade de formas e colorações destas lagoas, segundo as imagens de satélite.

Cada polígono referente às classes constantes das duas imagens classificadas foi segmentado, vetorizado (INPE, 2004) e separado em temas ou *shapes* específicos a fim de serem exportados para o Arcview 3.2 e cada qual tornando-se uma carta temática.

2.3.3.1.3.1. Identificação da organização espacial das vazantes nas imagens

O tema “vazantes” foi gerado a partir da classificação da imagem TM5 de 1988, representando época de cheia na Nhecolândia e quando as vazantes encontravam-se com água superficial. Através do programa Spring 4.0, esta imagem foi classificada e a classe representando as águas de superfície foram separadas do restante dos elementos da área. Esta classe “vazantes” foi vetorizada e exportada para o Arcgis 3.2 no formato *shapefile*.

Foram identificados e assinalados manualmente os lineamentos das vazantes que posteriormente seriam correlacionados às extensões dos lineamentos regionais.

2.3.3.1.3.2. Identificação de lagoas hipohalinas (baías) e salinas nas imagens

Para se determinar os limites das lagoas a serem utilizadas nas operações de análise espacial, foram escolhidos os contornos do espelho d'água das lagoas da imagem Landsat-TM5 como limite padrão, cujos corpos hídricos são muito bem representados, uma vez que representa uma época de cheia na região.

As lagoas foram classificadas em dois temas referentes à qualidade geoquímica de suas águas:

- lagoas hipohalinas (baías)
- lagoas salinas

Para se determinar o caráter geoquímico das águas das lagoas, foram levantadas, nos anos de 2002, 2003 e 2004, 156 lagoas distribuídas nas porções norte, oeste e sul da Baixa Nhecolândia, cujos principais parâmetros determinados em campo foram o pH e condutividade elétrica (CE).

Estes parâmetros (pH e CE) foram escolhidos com o objetivo de classificarem as águas das lagoas em 2 classes: hipohalinas (baías) e salinas.

Neste caso, sabe-se que a salinidade é a concentração de sais minerais dissolvidos na água que é expressa gramas por litro (g/l). A salinidade das águas interiores pode variar desde valores menores que 0,5 ‰ (água doce) até valores superiores a 35 ‰ (águas hiperhalinas), variando verticalmente também em função da profundidade de um corpo d'água. A salinidade das águas sofre influência direta dos períodos de chuva da região (MARGALEF, 1983).

A medição da CE, neste trabalho expressa em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, permitiu classificar águas hipohalinas (baías) e salinas, devido a dificuldade de se mensurar a salinidade em campo e por esta ser uma valiosa medida na diferenciação geoquímica das águas, como por exemplo, na identificação e classificação das águas na Baixa Nhecolândia, conforme citado por Barbiero *et al.* (2002).

Barbiero *et al.* (2000) cita que, na Nhecolândia, a concentração dos elementos dissolvidos, sob a influência da evaporação, aparece como o principal processo responsável pela variabilidade química na região.

Isto faz com que as lagoas hipohalinas (baías) e salinas apresentem diferenças visuais ligadas à concentração de espécies da fauna e flora e tal fato também é representado nas imagens de satélite. As lagoas hipohalinas (baías) apresentam uma grande ocupação de espécies vegetais arbustivas e aquáticas concentradas em suas águas e nas margens, enquanto que as lagoas salinas apresentam maior quantidade de algas e ausência de vegetação no interior das lagoas. Suas margens são verdadeiras praias de areia expostas ao vento e com ocorrências localizadas de finas camadas de sais cristalizados na superfície. Portanto, o uso da diferença de vegetação e ocorrência de praias permitem, através das imagens de satélite diferenciar visualmente com certa precisão as lagoas hipohalinas (baías) e salinas.

No caso das lagoas da Nhecolândia, esta é a explicação da diferenciação entre as baías com uma grande quantidade de vegetais e animais e as lagoas salinas, que não apresentam vegetais e animais, mas sim uma grande quantidade de colônias de algas.

A fim de se classificar as águas da Baixa Nhecolândia em hipohalinas (baías) e salinas e estabelecer os limites para estas classes, foi utilizada e adaptada a classificação de salinidade da USSS (U. S. *Salinity Laboratory*) em função da

condutividade elétrica e que tem objetivo de uso das águas à agricultura (Tabela 1):

Tabela 1 – Adaptada da classificação de salinidade da USSL (1954)

Classes de águas	condutividade elétrica (mS.cm^{-1})	
C0) Águas doces*	0 a 100	
C1) Águas com baixa salinidade	100 a 250	
C2) Águas com média salinidade	250 a 750	hipohalinas
C3) Águas com alta salinidade	750 a 2250	salinas
C4) Águas com salinidade extremamente alta	2250 a 5000	
C5) Águas hipersalinas*	5000 a 70000	

* Adicionada à classificação da USSL (1954).

A classificação da USSL (1954) foi adotada neste trabalho, entretanto, propõe-se acrescentar duas novas classes: C0) águas doces ($0 \text{ a } 100 \mu\text{S.cm}^{-1}$) e C5) águas hipersalinas ($5000 \text{ a } 70000 \mu\text{S.cm}^{-1}$), adaptando esta classificação aos valores encontrados nas águas da Baixa Nhecolândia.

O pH também tem influência na condutividade elétrica, cita Esteves (1998), porém, em águas pobres em sais solúveis e de valores de pH extremos a condutividade pode ser alterada, por exemplo: com pH muito baixo, o H^+ torna-se responsável pela condutividade elétrica, enquanto que em águas alcalinas (pH muito elevado) o íon OH^- é o responsável pela condução elétrica.

Para a categorização das lagoas à partir de seu valor de pH adaptaram-se as seguintes classes (Tabela 2):

Tabela 2 - Classes de pH

Fortemente ácido	< 5,5
Medianamente ácido	5,5 – 6,0
Levemente ácido	6,0 – 6,5
Neutro-ácido	6,5 – 7,0
Neutro-alcálico	7,0 – 7,5
Levemente alcalino	7,5 – 8,0
Medianamente alcalino	8,0 – 8,5
Fortemente alcalino	8,5 a 11

Foi testada uma classificação da imagem em função das 6 classes da tabela 1, porém o resultado foi insatisfatório e a confusão foi altíssima, sendo então descartada esta operação.

Portanto, os dados de pH e CE coletados, bem como uma descrição sistemática visual das 156 lagoas, permitiram realizar a imagem classificada diferenciando, com baixíssima confusão, lagoas hipohalinas (baías) ($CE < 750 \mu S.cm^{-1}$) e salinas ($CE > 750 \mu S.cm^{-1}$), ou seja, na realização da classificação das imagens, no programa SPRING (INPE), as amostras das classes foram orientadas em função das duas classes definidas.

Morfometria do tema “lagoas” totais

O tema ou *shape* (no arcview 3.2) “Lagoas” apresenta a totalidade das lagoas da Baixa Nhecolândia e foi elaborado a partir da soma dos temas “lagoas hipohalinas (baías)” e “lagoas salinas” elaborados segundo o item anterior, sem manter sua diferenciação geoquímica. Sobre este tema, foi realizado um estudo morfométrico para calcular as 4 principais características para a totalidade das lagoas:

- tamanho,
- densidade espacial,
- índice de arredondamento
- orientação azimutal

A seguir será descrita a elaboração de cada uma destas características que se tornaram sub-temas (ou *shapes*).

Cálculo do tamanho das lagoas

Para se calcular o tamanho das lagoas, na tabela de atributos do referido tema no Arcview 3.2, para cada polígono de lagoa foi calculada sua área. A partir de então percebeu-se uma grande gama de tamanhos com lagoas menores de 7199 m² até as maiores com no máximo 2100599 m², ou seja, em torno de 291 vezes o tamanho da menor lagoa. Definiu-se classificar este universo em 3 classes: lagoas pequenas, lagoas médias e lagoas grandes. Como não foi encontrada na bibliografia pesquisada classificação de dimensões de lagoas, optou-se por estabelecer critérios estatísticos para tal, específicos para a região da Baixa Nhecolândia. A partir do universo de 9327 lagoas mapeadas, obteve-se as seguinte divisões em área/m²:

lagoas pequenas - 7199 m² (0,7199 ht) a 127801 m² (12,7801 ht)
 lagoas médias - 127801 m² (12,7801 ht) a 384301 m² (38,4301 ht)
 lagoas grandes - 384301 m² (38,4301 ht) a 2100600 m² (210,0600 ht)

Estatisticamente, a quantidade total das lagoas mapeadas e, posteriormente, calculadas suas áreas foi de 9327 corpos, cujo valor médio do tamanho das lagoas é 128128,4362 m² ou e encontra-se na classe das lagoas de tamanho médio, entretanto a moda é baixa situando-se em 10800 e. A variância dos

tamanhos é alta, com valor de 29296613293 e o histograma é assimétrico com valor de assimetria de 3,54. O desvio padrão dos tamanhos das lagoas é alto com valor de 171162,5347 (Gráfico 3).

Classes de tamanho	Frequência de lagoas	% cumulativo
7199 a 127801 m ²	6472	69,58%
127801 a 384301 m ²	2205	93,29%
384301 a 2100600 m ²	624	100,00%

Gráfico 3 – Histograma de frequência de lagoas por classes de tamanho e sua tabela de dados.

Cada um dos 3 grupos de tamanho de lagoas foram separados em *shapes* a fim de permitir que cada tema possa ser correlacionado com outros temas com facilidade e diminuindo a confusão gráfica.

Cálculo da densidade espacial das lagoas

A partir do *shape* “Lagoas”, procedeu-se o cálculo da densidade da distribuição espacial das lagoas na Baixa Nhecolândia. Para tanto se utilizou uma extensão para o programa Arcview 3.2 denominado “*Feature Density.avx*” cujo algoritmo

calcula a área de lagoas por km^2 sobre a área total da Baixa Nhecolândia. Os mapas de densidade exprimem 2 características: a) distribuição espacial e b) área de lagoas num quadrado de 1X1 Km. Estas características são importantes pois uma área pode apresentar-se com distribuição regular de lagoas mas com muito baixa concentração no total da região.

A distribuição espacial será descrita a partir de observação visual, sem qualquer apoio estatístico, e categorizando em distribuição regular ou distribuição irregular

Ao contrário da distribuição, estabeleceram-se 5 classes de concentração de lagoas (área de lagoa/ km^2) pelo método de quebras naturais (*Jenks*) do histograma, resultando nas classes abaixo:

Muito baixa concentração: 0,000 – 0,074

Baixa concentração: 0,074 – 0,200

Média concentração: 0,200 – 0,326

Alta concentração: 0,326 – 0,453

Muito alta concentração: 0,453 – 0,765

O mapa de densidade apresenta as classes de concentração num gradiente de tons de cinza onde a classe “Muito baixa concentração” é representada pela cor branca e a classe “Muito alta concentração” é representada pela cor preta, facilitando a leitura da espacialização das 5 classes.

Cálculo do grau de arredondamento das lagoas

Observando-se que o conjunto de lagoas na Baixa Nhecolândia apresenta formas bem arredondadas, porém com arredondamentos variados de bem-arredondados a alongados. A forma de uma lagoa na Baixa Nhecolândia pode indicar sua gênese e/ou sua dinâmica antiga ou atual. Portanto, o estabelecimento de um método de determinação destas formas pode trazer à luz informações sobre a

gênese ou dinâmica atual das lagoas a serem estudadas. Optou-se por adaptar e empregar o método de determinação do grau de arredondamento para partículas, comumente utilizado na sedimentologia.

O grau de arredondamento é uma grandeza que tenta expressar numericamente o grau de aproximação de uma forma qualquer com aquela de um círculo perfeito (SUGUIO, 1973). Pode ser expressa como uma função das relações entre diâmetros principais perpendiculares entre si.

Na tabela de atributos do *shape* “Lagoas”, tentou-se utilizar os cálculos para estabelecer o grau de arredondamento das lagoas através dos métodos de Wadell (1935), método da projeção de Krumbein e Pettijohn (1938), Zingg (1935), dentre outros citados por Suguio, (1973), porém percebeu-se que o programa não consegue realizar o cálculo do diâmetro circunscrito e inscrito, dentre outros cálculos necessários.

O programa realiza com facilidade o cálculo de área e perímetro. Então optou-se por utilizar a fórmula de Stites (1998), onde os valores variam entre 0 e 1, ou seja, as lagoas cujos valores estão próximos de 0 apresentam forma mais alongada que as lagoas cujos valores se aproximam de 1, onde suas formas são mais arredondadas:

$$\text{Arredondamento} = (4p) \cdot (\text{Área} / \text{Perímetro}^2)$$

Realizando o cálculo, obteve-se uma gama de lagoas cujos valores variam de 0,05 a 0,796. Estabeleceu-se então 5 classes de graus de arredondamentos:

- Muito alongado: 0,000 – 0,200
- Alongado: 0,201 – 0,400
- Semi-arredondado: 0,401 – 0,600
- Arredondado: 0,601 – 0,800

Bem-arredondado: 0,801 – 1,000

A partir das classes acima obtidas, separaram-se as lagoas em *shapes* diferentes para cada classe, a fim de se analisar separadamente a distribuição espacial de cada classe e verificar correlações com outros parâmetros de lagoa.

Cálculo da direção azimutal das lagoas

Observa-se também que as lagoas alongadas apresentam seus eixos de diâmetro principal orientados segundo direções dos pontos cardeais e que estas direções poderiam ser correlacionadas às direções dos lineamentos regionais.

Neste caso, optou-se por analisar esta variação de orientação norte-sul-leste-oeste das lagoas, uma vez que essa orientação possa estar relacionada às possíveis direções de fluxos hidrológicos ou direções estruturais tectônicas. Para se estimar estas direções calculou-se a direção angular azimutal de cada lagoa, ou seja, a distância angular entre o eixo maior da lagoa e o norte, na direção dos ponteiros do relógio de N0° a N90°E, e no sentido contrário do relógio de N0° a N90°W.

Anteriormente ao cálculo, necessitou-se estabelecer o eixo principal de cada lagoa. Este eixo foi determinado a partir de uma extensão do Arcview 3.2 chamada "*Diameter.avx*" que utiliza um algoritmo sobre o polígono e desenha seu diâmetro maior em um *shape* separado. Este *shape*, então, contendo os eixos principais de todas as lagoas foi submetido ao cálculo de distância angular azimutal através dos algoritmos da extensão "*Lineament_Analysis_20040611.avx*". Pode-se escolher a amplitude de direções para seleção das lagoas. Neste caso, foram selecionadas lagoas a cada 10° de intervalo, por exemplo, de N10°W a N10°E, de N10°E a N20°E, de N20°E a N30°E, e assim por diante. Neste caso também as lagoas de cada classe de intervalo são separadas em *shapes* diferentes.

Com relação tanto às lagoas salinas quanto às lagoas hipohalinas, foi calculada a densidade destas lagoas, da mesma forma que as lagoas totais, conforme descrito anteriormente, utilizando-se a extensão do Arcview 3.2 "*Feature Density.avx*" e cujo algoritmo calcula a área de lagoas salinas por km² sobre a área total da Baixa Nhecolândia.

2.3.3.1.3.3. Identificação de cordilheiras e áreas de campos nas imagens

Seguindo os mesmos procedimentos das lagoas, a partir das classes vetorizadas das cordilheiras e áreas de campos, foram calculados e elaborados para os temas: tamanho, densidade e direção azimutal, para ambas as classes

2.3.3.1.4. Descrição e análise dos temas gerados

Todos estes temas foram descritos com base nos seus padrões de agrupamento, analisados com base nas correlações entre as características de tamanho, arredondamento, densidade e orientação azimutal, a fim de se identificar estruturas e padrões espaciais dos elementos correlacionados.

As correlações entre os temas foram elaboradas, bem como interpretadas visualmente através da apresentação e sobreposição dos temas na tela de visualização do Arcview 3.2 considerando o critério de proximidade entre os temas. Por exemplo, na correlação entre os lineamentos regionais e o tema "Vazantes", foram assinalados os lineamentos das vazantes que apresentavam proximidade e direção com alguma extensão de lineamento regional.

Foi analisado também o padrão de distribuições das lagoas hipohalinas (baías) e das lagoas salinas, bem como a relação espacial entre estes 2 temas por sobreposição e análise visual das informações. As descrições e análises encontram-se nos capítulos seguintes.

3. RESULTADOS: CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM DA BAIXA NHECOLÂNDIA

Da totalidade da área que compreende a Baixa Nhecolândia, as lagoas hipohalinas ou doces (baías) equivalem a 10,5% do total da área, as lagoas salinas a 1,2%, as cordilheiras a 32%, campos e vazantes a 56,3% e apresentam uma quantidade de características morfológicas e espaciais que exprimem, em conjunto, uma organização espacial vinculada à dinâmica regional (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Percentual de área ocupada pelos principais elementos da paisagem na Baixa Nhecolândia (%).

Sob estes elementos encontram-se as características topográficas expressas pelas curvas de nível representadas nas cartas hipsométricas. Estes elementos da paisagem: topografia, vazantes, lagoas totais, baías, salinas, cordilheiras e áreas de campos serão caracterizados nos capítulos seguintes e encontram-se apresentados em conjunto no mapa 1.

723.1. Características da topografia do leque do rio Taquari e da Baixa Nhecolândia

A Baixa Nhecolândia apresenta uma topografia geral mais elevada que seus limites oeste, norte e sul. Porém, apresenta também em uma escala de detalhe sutis variações topográficas no seu interior relacionadas às formas e distribuições das vazantes, lagoas, cordilheiras e campos.

O mapa hipsométrico (mapa 2) mostra a topografia geral da Baixa Nhecolândia que se eleva de oeste a leste, conforme a topografia do leque aluvial no qual está inserida. É interessante ressaltar o gradiente de cotas menores (cor verde), aproximadamente 80 metros, a oeste, alcançando cotas maiores, aproximadamente 140 metros (cor vermelha), no extremo leste da área. Porém este gradiente mostra áreas mais baixas que são intercaladas por áreas mais elevadas, que correspondem às cordilheiras e orientadas geralmente de NE-SW.

Pode-se verificar no perfil P1 (Figura 9) que atravessa longitudinalmente a Baixa Nhecolândia, a partir da planície do rio Paraguai (P1) até sua porção superior, limite com a Alta Nhecolândia (P1') este gradiente de cotas que aumentam do ponto distal ao medial do cone aluvial, apresentando patamares topográficos (linhas tracejadas vermelhas).

No sentido transversal do P1, situando-se entre o Rio Taquari e Rio Negro, o perfil P2 (Mapa 2 e figura 9) mostra que a Baixa Nhecolândia encontra-se ligeiramente mais elevada que seu limite norte, área da Vazante do Corixinho, e muito mais elevada que seu limite sul, área do Pantanal do rio Negro, apresentando certa convexidade no perfil. As feições de patamares topográficos são mais uma vez assinaladas.

Esta ligeira convexidade no perfil P2 é verificada no sentido longitudinal (leste a oeste) da Baixa Nhecolândia sugerindo que exista um divisor de águas, aonde

Figura 9 – Perfil longitudinal (P1) e transversal (P2) da Baixa Nhecolândia (localização no mapa 2)

parte das vazantes que chegam da Alta Nhecolândia escoam no sentido da área da Vazante do Corixinho e outra parte corre no sentido do Pantanal do rio Negro. Tal situação será discutida com mais detalhe posteriormente.

Ainda no mapa 2, observa-se que estas cotas mais baixas (verdes) que dominam a porção oeste do mapa, partindo-se em direção a leste em direção às cotas mais altas, tornam-se cada vez mais delgadas, adquirindo formas de “línguas” orientadas no geral de NE-SW. Estas “línguas” vão afinando e cedendo espaço para as cotas maiores (cor alaranjada) que também cederão espaço às outras cotas maiores (cor avermelhada). Porém, este mapa hipsométrico não permitiu a visualização mais nítida destas “línguas” topográficas

A fim de verificar a existência de um padrão espacial destas formas de “línguas” com mais evidência, foi elaborado um mapa hipsométrico de contraste em preto e branco alternados (Mapa 3) que não tem o objetivo de apresentar valores de cotas altimétricas, mas sim contrastes entre diferentes cotas, ou seja, entre elevações e depressões. Observa-se que são nítidas as intercalações das elevações e das depressões em formas de “línguas” delgadas. Observa-se também que estas “línguas” encontram-se geralmente apontando no sentido NE-SW.

Na escala de detalhe, é interessante verificar o quanto que esta topografia é sutilmente irregular. O mapa 4 mostra um recorte da imagem Landsat-TM localizada na porção oeste da Baixa Nhecolândia, nas proximidades da Fazenda Firme (Figura 2), onde se encontram grupos de cordilheiras inseridas em áreas de campos e associadas a lagoas. Neste mapa está localizado o perfil P3 (Figura 10) onde se pode verificar que as elevações topográficas ou “línguas” coincidem com as áreas verdes da imagem que representam as elevações das cordilheiras, ao passo que as áreas rebaixadas referem-se às áreas de vazantes, campos e lagoas. Tais características topográficas concordam com as características da hidrografia descritas a seguir.

Figura 10 – Perfil P3 de bloco de cordilheiras da área da Fazenda Firme – filtro média móvel de período 15, a partir de dados SRTM (NASA).

3.2. A análise da hidrografia

3.2.1 O padrão espacial da rede de drenagem

A rede de drenagem interna da Baixa Nhecolândia relaciona-se com os dois rios principais: Rio Taquari e Rio Negro (Figura 2). As vazantes e corixos da Baixa Nhecolândia recebem águas do Rio Taquari e, parte delas, vai desaguar no Pantanal do Rio Negro (Fernandes *et al.* 1999; Fernandes, 2000). Portanto para se compreender a rede hidrográfica da Baixa Nhecolândia é importante compreender as características destes dois rios.

Fernandes (2000) e Fernandes & Queiroz Neto (2000) caracterizaram estes dois rios e destacaram que o Rio Taquari entra na planície pantaneira a 190 metros de altitude, percorre mais de 310 km de distância e desemboca no rio Paraguai na altitude aproximada de 90 metros, apresentando um desnível de 100 metros e um

declive de 0,32%. Atravessa o leque aluvial em arco de círculo, até a confluência com o rio Paraguai.

Apresentando drenagem divergente, o Rio Taquari entra na planície meandrando irregularmente, em estreita planície aluvial, com leito encaixado e, portanto, correndo em nível mais baixo que a planície. Neste trecho apresenta diques marginais relacionados às inundações sazonais, bancos arenosos nas épocas de águas baixas e meandros abandonados (Figura 11). Suas margens são ocupadas por mata galeria (verde).

Figura 11 – Rio Taquari na zona proximal do leque aluvial apresentando traçado meândrico com linearidades (mosaico imagens ASTER)

À jusante, no seu terço final, aproximadamente 5 quilômetros abaixo do ponto de transbordamento chamado “Arrombado Zé da Costa” (Figuras 2 e 12), o Rio Taquari espraia-se, pois vem perdendo sua energia, e seu curso torna-se

anastomosado a indistinto, apresentando inúmeros braços e correndo em nível próximo ao da planície, portanto, formando extensas áreas de inundação.

Fernandes (2000) e Fernandes e Queiroz Neto (2000) mencionam os canais defluentes do rio Taquari, caracterizados como corixos e vazantes que são ativados quando do transbordamento deste rio (Figura 12), espalhando as águas no padrão "*flash flood*" para a Nhecolândia e Paiaguás, fato comum na dinâmica dos leques aluviais.

FIGURA 12 – Rio Taquari passando de traçado meândrico a indistinto próximo ao transbordamento “Arrombado Zé da Costa” (mosaico imagens ASTER)

Observa-se que o traçado do Rio Taquari apresenta segmentos com certa linearidade e variando de direções (Figura 11 e Mapa 5). O Rio Taquari chega à planície com direção leste-oeste e logo inflecte para SE-NW, voltando

posteriormente para aproximadamente leste–oeste (Figura 11). Em direção ao Rio Paraguai, o arco do Rio Taquari segue adquirindo direção SW, fazendo pequenas quebras de direção ao longo de seu traçado, até alcançar o Rio Paraguai, onde se encontra direcionado a sul.

O Rio Negro, também apresenta linearidades em seu traçado, muito mais evidentes que o Rio Taquari. Descendo as escarpas da Serra de Maracaju na direção E-W, o Rio Negro desemboca na planície pantaneira, segue em curso meandrante em planície estreita e encaixado com nível mais baixo que a planície. O primeiro afluente que o rio Negro recebe, na planície pantaneira, é o Córrego Anhumas; a partir de então o Rio Negro muda de direção, seguindo para NNE-SSW em curso anastomosado e alcançando estreitas áreas de inundação.

O Córrego Anhumas, por sua vez, nasce no Planalto, assim como os rios Taquari e Negro, entra na planície pantaneira com direção E-W, inflecte para SW (como o rio Negro) ao receber a Vazante Feioso, que apresenta o mesmo padrão de traçado, pela margem direita. Apresenta curso meândrico, por vezes se anastomosando.

O rio Negro, ainda no seu terço superior, corre numa área de alagamento, onde seu nível iguala-se ao da planície, porém para jusante os indícios de cheia desaparecem.

A partir da confluência com a Vazante Santa Clara, o Rio Negro muda sua direção novamente para oeste, apresentando curso novamente meândrico em estreita planície, com leito encaixado e nível mais baixo que o da planície, onde inicia seu trecho de terço médio.

Neste traçado meândrico observam-se certas inflexões de direções com ângulos próximos dos 90°, conforme observado por Fernandes (2000) e apresentados na figura 13.

Observa-se que as quebras de direção ocorrem geralmente de NW e SW e coincidem com a confluência de algumas vazantes da Nhecolândia no rio Negro.

Mais adiante o rio Negro entra numa área brejosa, o Pantanal do Negro, que caracteriza seu terço inferior, tornando-se indistinto, parecendo se perder na vasta zona inundada de cursos nitidamente anastomosados e que segue em direção ao rio Paraguai (Mapa 5). Neste momento recebe águas das vazantes da Baixa Nhecolândia, pela margem direita. Pela margem esquerda a área brejosa confunde-se com as águas dos rios Miranda e Abobral.

Os rios Miranda e Abobral, após a área de inundação do Pantanal do Negro, apresentam traçado meândrico, com leito encaixado e mais baixo que sua planície. Apresentam também linearidades de direção ESE-WNW claramente visíveis nas imagens.

Mudanças de direção do rio Negro

Figura 13 - Área do Rio Negro ao sul da Baixa Nhecolândia (mapa 5) indicando as direções ortogonais de seu traçado (imagem LANDSAT-TM, 21/10/90).

A seguir, a caracterização espacial da drenagem referente à Baixa Nhecolândia foi determinada a partir da classificação da imagem Landsat TM5 r3g4b5 (226/73) de 27/07/1988 que representou uma das maiores cheias do Pantanal e portanto

facilitou a detecção do maior número de corpos hídricos com água de superfície (Mapa 6).

O mapa 7 apresenta os cursos d'água da Baixa Nhecolândia e seu entorno. As principais vazantes que cortam a Baixa Nhecolândia são: Vazante Capivari, Riozinho, Aguaçuzinho, Grande, Mangabal, Almoço, Ranchinho, Estevão, Periquito e Castelo.

Observa-se que estas vazantes chegam na Baixa Nhecolândia pela Alta Nhecolândia, cortando-a na direção predominante de NE-SW e, depois tomando direções como NNE-SSW e SE-NW. As vazantes que seguem a desembocar no Rio Negro (Mangabal, Almoço, Ranchinho, Estevão, Periquito e Castelo) apresentam tanto direções NE-SW quanto NNE-SSW, seguindo o padrão de direção de drenagem esperado do cone aluvial. No entanto, uma menor parte destas vazantes que vem na direção SW inflectem na direção WNW para desembocar na área da Vazante do Corixinho, como o caso da Vazante do Riozinho, Capivari, Aguaçuzinho e parte da Vazante Grande, assim como já observado por Fernandes (2000).

Estas vazantes com direções SE-NW ocorrem principalmente nas porções norte e nordeste e seguem para onde a topografia é mais baixa drenando as águas para a área da Vazante do Corixinho, conforme perfil topográfico P2 (Figura 9). As vazantes das porções centro, sul e sudeste correm principalmente na direção NE-SW indo desembocar na área do rio Negro deixando suspeita de que exista um topo ou aparente divisor de águas na porção central da Baixa Nhecolândia na localização provável apresentado no mapa 7 e identificado a partir dos modelos digitais de terreno.

É interessante também observar que, apesar do traçado das vazantes ser ligeiramente meândrico, quando se observa na escala de detalhe, verifica-se uma linearidade do traçado com quebras de direções seguindo orientações

preferenciais quando se observam as vazantes em uma escala menor, como mostra o detalhe da imagem do mapa 6 (Figura 14).

Figura 14 – Detalhe da imagem Landsat TM5 r3g4b5 (226/73) de 27/07/1988 mostrando vazantes e lagoas (áreas escuras). As vazantes meândricas apresentam segmentos linearizados (linhas tracejadas amarelas) com rupturas em diversas direções.

A partir desta observação pôde-se registrar todos as direções apresentadas pelos cursos d'água da área de estudo (Mapa 8). A partir dos gráficos 5 e 6, a partir da tabela 3, determinou-se as direções preferenciais predominantes NE-SW, E-W e

SE-SW, secundariamente de NNE-SSW, concordando com a disposição geral dos outros elementos da paisagem da Baixa Nhecolândia, lagoas e cordilheiras.

Gráfico 5 – Distribuição polar dos lineamentos dos cursos d'água na Baixa Nhecolândia.

Tabela 3 - Frequência numérica e percentual de lineamentos de cursos d'água na Baixa Nhecolândia por classes de direções azimutais.

<i>Classes</i>	<i>Freq.</i>	<i>%</i>
N 0-10 E	36	3,090129
N 10-20 E	36	3,090129
N 20-30 E	73	6,266094
N 30-40 E	73	6,266094
N 40-50 E	80	6,866953
N 50-60 E	92	7,896996
N 60-70 E	119	10,21459
N 70-80 E	111	9,527897
N 80-90 E	142	12,18884

N 0-10 W	27	2,317597
N 10-20 W	18	1,545064
N 20-30 W	20	1,716738
N 30-40 W	18	1,545064
N 40-50 W	24	2,060086
N 50-60 W	39	3,347639
N 60-70 W	65	5,579399
N 70-80 W	90	7,725322
N 80-90 W	102	8,755365
TOTAL	1165	100%

Gráfico 6 – Frequência de lineamentos de cursos d'água na Baixa Nhecolândia por classes de direções azimutais a partir da tabela 3.

É importante ressaltar que é comum em vazantes que seguem, por exemplo, direção geral NE-SW ocorrerem rupturas para uma direção exatamente discordante (SE-NW) de seu traçado geral.

3.2.2. A Dinâmica Hídrica na Baixa Nhecolândia

A distribuição espacial e a forma dos elementos da paisagem na Baixa Nhecolândia são o resultado dos processos atuais e pretéritos na região que

foram se modificando ou extinguindo-se, porém deixando seus registros ou traços de atividade nesta área de estudo.

Conforme mencionado no capítulo 1, o gráfico 1 da distribuição das chuvas mostrou que na Baixa Nhecolândia estas ocorrem no período de outubro a abril e concordam com o período de cheia do Rio Taquari (gráfico 2), porém as cheias do Rio Paraguai ocorrem com defasagem de alguns meses após as cheias do Taquari, quando este se encontra com águas baixas.

A distribuição espacial da hidrografia mostra o funcionamento do escoamento das águas de superfície tanto na escala temporal como espacial. A fim de verificar como funciona a diferenciação das cheias entre o rio Paraguai e o rio Taquari tanto temporalmente quanto espacialmente, distribuição espacial da hidrografia, foram analisadas 14 imagens de satélite Landsat TM7 (226/73) (por exemplo figura 15) em um intervalo de 2 anos, de 04/03/2002 a 10/04/2004.

FIGURA 15 - Imagem Landsat-TM7 de 05 abril 2002 apresentando a localização dos Rios Taquari, Negro e Paraguai (linha em azul) e os limites da Baixa Nhecolândia (linha preta tracejada).

A imagem da figura 15 mostra as áreas com água superficial em 05 de abril de 2002, representadas pelas manchas de coloração azul escuro. As águas superficiais encontram-se na área de inundação atual do Rio Taquari, no Corixão, na Vazante do Corixinho, na Alta Nhecolândia. Na Baixa Nhecolândia observa-se que as vazantes Riozinho, Mangabal, Castelo aparecem com água superficial. As lagoas da porção SE da Baixa Nhecolândia também aparecem com água superficial. Entretanto, a área NW da Baixa Nhecolândia que compreende as vazantes Aguaçuzinho e Grande, encontram-se secas, assim como suas lagoas.

Estas 14 imagens semelhantes à figura 15 foram classificadas e, a classe de corpos hídricos, ou águas de superfície foram separadas das outras classes e apresentadas a seguir (Figura 16).

Cabe ressaltar que as imagens não apresentam uma seqüência temporal completa, pois as imagens intermediárias encontravam-se com muitas nuvens não permitindo a visualização desses elementos.

Figura 16 – Seqüência de imagens classificadas Landsat TM7 (226/73) mostrando as áreas inundadas (manchas pretas)

Na imagem de 04/03/2002 4 áreas são apontadas pelas letras A, B, C e D. A área “A” refere-se à área de inundação do Rio Paraguai na altura de Porto da Manga; a área “B” à porção Nordeste da Baixa Nhecolândia e que faz limite com a região da Alta Nhecolândia, porção distal do leque aluvial; a área “C” à porção sul da Baixa Nhecolândia e que faz limite com o “Pantanal do Rio Negro”, próximo às fazendas Rio Negro e Tupaciretã e a área “D” refere-se à área de inundação do Rio Taquari, próximo a Porto Rolon.

As águas que abastecem a região da Nhecolândia são provenientes do Rio Taquari (FERNANDES, 2000); assim, observa-se que em 04/03/2002 o Rio Taquari encontrava-se cheio (D), a Baixa Nhecolândia recebia água da Alta Nhecolândia (B) e descarregava água na área do Rio Negro (C), entretanto, a carga hídrica ainda não havia alcançado o Rio Paraguai que se encontrava com suas águas baixas.

Em 05/04/2002, um mês depois, verifica-se uma sutil diminuição da área alagada nas regiões do Taquari (D), mas principalmente no nordeste da Nhecolândia (B) e na área com o Rio Negro (C). A área do Rio Paraguai começa a apresentar mancha escuras representando pontos de inundação.

Dois meses após, em 11/08/2002, o Rio Taquari está terminando de escoar suas águas, uma vez que a área D encontra-se seca; a Baixa Nhecolândia diminuiu o recebimento de águas proveniente da Alta Nhecolândia (B) e, portanto, diminui o abastecimento hídrico para o Rio Negro (C). No Rio Paraguai (A) as áreas alagadas aumentam.

A situação se intensifica em 09/09/2002 e as áreas de inundação do Rio Paraguai aumentam, contrariamente às do Rio Taquari e Baixa Nhecolândia que encontram-se em época de águas baixas. Em 28/09/2002 as águas do Rio Paraguai também abaixam e suas áreas alagadas desaparecem. Neste momento, as 4 áreas estão com águas baixas. Em 01/12/2002 o Rio Paraguai apresenta

algumas manchas isoladas de umidade, entretanto, como não é época de sua cheia, tal fato possivelmente deve-se às últimas vazões dos tributários como aquelas do Rio Taquari, que permaneciam no seu segmento à jusante, próximo ao Rio Paraguai.

A imagem de 21/04/2003 mostra semelhante comportamento de inundação que a imagem de 04/03/2002, ou seja, o Rio Taquari e a Baixa Nhecolândia na cheia e o Rio Paraguai ainda sem áreas alagadas, possivelmente com água subindo. Até 30/08/2003, mantendo comportamento semelhante de 2002, o Rio Taquari escoava suas águas dentro do leque aluvial até o Rio Paraguai. Este, por sua vez, aumenta gradativamente sua superfície inundada.

Na imagem de 01/10/2003, ainda semelhante a 2002, ambos Rio Paraguai e Taquari, incluindo a Baixa Nhecolândia apresentam águas baixas, voltando a repetir o mesmo processo de 2002 e 2003 no ano de 2004.

A imagem Landsat TM5 (226/73) de 27 de julho de 1988 (Figura 17) mostra claramente a extensão das inundações na porção do Rio Paraguai com a Baixa Nhecolândia. Esta cheia representou uma das maiores registradas e que se pode ter acesso à imagem de satélite.

O Rio Paraguai não pode ser reconhecido na imagem, uma vez que sua cheia alcança a borda oeste da Baixa Nhecolândia o que influencia o regime hidrológico das lagoas nesta porção através do bloqueio de saída do lençol freático (SAKAMOTO, 1997). Na Baixa Nhecolândia as vazantes (vide flechas) e lagoas apresentam-se cheias d'água, ressaltando claramente que seguem uma direção preferencial NE-SW.

FIGURA 17 – Imagem Landsat TM5 r3g4b5 (226/73) de 27/07/1988 representando uma das maiores cheias do Pantanal. As áreas inundadas são representadas pela cor preta.

A partir dos dados da figura 16 confrontados com os gráficos 1 e 2, pode-se notar uma correlação entre os períodos de chuvas do gráfico 1 e as cheias na Baixa Nhecolândia apresentadas pelas imagens da Figura 16. Observa-se também a correlação entre a época de estiagem e as áreas secas nas imagens.

Desta forma, pode-se afirmar que o funcionamento das águas de superfície na Baixa Nhecolândia ocorre conforme o comportamento das chuvas, ou seja, quando começam as chuvas na região e nas cabeceiras do Rio Taquari, elevando seu nível d'água. Tal fato foi também observado por Adámoli (1986) para toda a Bacia do Alto Paraguai, além de Queiroz Neto *et al.* (1999) e Fernandes (2000).

O Rio Taquari, então escoando em direção ao Rio Paraguai abastecerá as vazantes e corixos do cone aluvial através de seus canais defluentes, conforme já observado por Queiroz Neto *et al.* (1999), Fernandes (2000), Fernandes e Queiroz

Neto (2000) e Queiroz Neto *et al.* (2005) que, por sua vez, abastecerão algumas lagoas que se coalescerão, formando um curso d'água intermitente seguindo em direção aos rios Negro e Paraguai, na maioria das vezes, direção NE-SW (imagem 4/3/2002, figura 16).

Outras lagoas, como as salinas, isoladas pelas cordilheiras, serão abastecidas pela elevação do lençol freático regional e pelas chuvas locais, conforme já observado por Sakamoto (1997), Queiroz Neto *et alii* (1996, 1998 e 1999).

Neste tempo, o Rio Paraguai encontra-se com suas águas baixas. As águas do rio Taquari demorarão alguns meses até que estas águas cheguem ao Rio Paraguai. As vazantes que cruzam a Baixa Nhecolândia parte retornarão ao Taquari e a maior parte abastecerá o Pantanal do Negro que, por sua vez, abastecerá o rio Paraguai.

As cheias acompanham o ritmo das chuvas: quando estas diminuem o nível de água do Rio Taquari baixa (imagens 11/8/2002, 9/9/2002 e 28/9/2002, figura 16), diminuindo o abastecimento de água na Baixa Nhecolândia, secando vazantes, corixos e lagoas hipohalinas (imagem 28/9/2002, figura 16).

Nesse momento, o nível das águas do Rio Paraguai também diminui até que nos meses de janeiro e fevereiro volte a chover e o processo se reinicie. É importante salientar que este processo ocorre também com os vários afluentes do Rio Paraguai, conforme mencionado por Adamoli (1986) .

Foram observados processos que ocorrem nas vertentes de contato entre cordilheiras-vazantes e cordilheiras-lagoas resultantes do escoamento hídrico e que estariam modificando o relevo local:

Erosão ligada ao possível dismantelamento atual dos níveis elevados (cordilheiras), através da erosão de suas bordas pelas águas das chuvas

causando erosão laminar e canaletas de escoamento e pelo pequeno, porém não desprezível, escoamento das águas das vazantes.

Deposição dos sedimentos que seriam transportados e depositados para as áreas mais deprimidas da topografia local, geralmente nas lagoas, vazantes e campos úmidos, provocando uma lenta transferência dos materiais das cordilheiras para os fundos de lagoas e vazantes, causando um aplainamento do relevo.

Assine (2003) menciona que estas vazantes, categorizando-as como “unidade de vales”, apresentam fluxo intenso na época de cheias e caracterizam-se por serem formas erosivas e deposicionais com talvegues. Cita também leitos de lagoas que se elevam acima do nível do lençol freático por causa do processo de assoreamento e que secam na estiagem, porém desenvolvendo vegetação anfíbia no seu interior. Neste caso o autor provavelmente estaria se referindo às lagoas hipohalinas (baías). Acrescenta também que algumas lagoas apresentam a forma de “rosário” ou colar marcadamente na direção NE-SW, como já assinalado anteriormente,

Observam-se nas fotos 1 e 2, o escoamento de água da cordilheira para a lagoa salina na Faz. Firme, este funcionamento hídrico local provoca áreas deprimidas de solo exposto causadas pela erosão dos sedimentos e que são transportados para as bordas da água da lagoa, entremeando áreas decimetricamente mais elevadas, com cobertura de grama ainda não atingidas pela erosão. Estas áreas erodidas apresentam-se na forma de sulcos ou canaletas (Fotos 3 e 4).

A combinação de várias canaletas de erosão cria formas de pequenos morrotes ligeiramente convexizados nas bordas das cordilheiras (Foto 5). Observou-se o perfil côncavo a retilíneo da vertente (Foto 6) mostrando a frente de erosão. Esta frente de erosão pode ser registrada através do descobrimento e exposição das raízes de Carandás (*Copernícia Alba*) (Foto 7).

Foto 1 – Em dia de chuva, escoamento d'água da cordilheira para a lagoa.

Foto 2 – A mesma canaleta de escoamento d'água da foto anterior alcançando a lagoa.

Foto 3 – Margem das cordilheiras e praia em processo de erosão e deposição no fundo da lagoa salina – Faz. Firme.

Foto 4 – Detalhe das áreas de erosão marginal das elevações

Foto 5 – Margem de cordilheira deprimida pela erosão.

Foto 6 – Perfil com frente de erosão e deposição dos sedimentos em elevação com Carandás (*Copernicia Alba*)

Foto 7 – Carandás com raízes expostas pela erosão.

Evidências de processos erosivos podem ser observados também nas bordas das cordilheiras com os campos e vazantes. A figura 18 mostra as cordilheiras (verde) com bordas em aspecto irregular com várias reentrâncias. Estas reentrâncias são lagoas que antes se encontravam fechadas, isoladas pelas cordilheiras, e que sofreram processos de erosão pelas águas das vazantes que escoam em direção ao pantanal do rio Negro.

O processo começa com a vazante erodindo a borda da cordilheira até que a frente de erosão alcance as lagoas internas, hipohalinas ou salinas, e misturando suas águas com as da vazante causando a dessalinização das lagoas salinas e apresentando este aspecto de reentrâncias. Este processo deve ocorrer até que a cordilheira desapareça e se transforme em área de campo seco ou campo cerrado, por vezes sobrando alguns testemunhos denominados geralmente de capões de mata.

As frentes de erosão ocorrem também no interior das cordilheiras, provavelmente no interior do solo, conectando lagoas e degradando a cordilheira não somente pelas bordas externas como também internamente. No entanto, estes processos de erosão mereceriam ser estudados em detalhe em estudos posteriores, uma vez que este detalhamento não faz parte do escopo deste trabalho.

Figura 18 – Evidências de erosão de cordilheiras pela ação das águas da vazante. Detalhe da imagem LANDSAT TM5 r3g4b5 (226/73) de 27/07/1988. (cordilheira – verde; água – preto; campos – rosado; sentido de escoamento da vazante - linha tracejada azul).

Esta configuração de degradação das cordilheiras aparece por toda a Baixa Nhecolândia, principalmente nas porções norte, oeste e sudoeste. A porção sudeste é onde se encontram as cordilheiras menos erodidas em relação as outras porções da Baixa Nhecolândia. Tais fatos sugerem um processo generalizado de aplainamento da Baixa Nhecolândia.

Em suma, na escala regional, o comportamento hidrológico da Baixa Nhecolândia sofre influência do regime pluviométrico e fluviométrico do Rio Taquari e de sua bacia de captação. Parte desta carga hídrica serve para abastecer tanto superficialmente, quanto subsuperficialmente o solo, as vazantes, corixos e lagoas. Esta carga hídrica atravessará a Nhecolândia e sua sub-região, a Baixa Nhecolândia até desembocar no Rio Negro e no Rio Paraguai.

Na escala local, sabe-se que este funcionamento interno da água é lento, mas seria suficiente para provocar processos de erosão de sedimentos das áreas elevadas (cordilheiras) e seu transporte e deposição nas depressões (vazantes e lagoas).

Brasil (1984) cita que a água, após uma chuva forte, pode escoar até a baía mais próxima, onde é “acrescida por fluxos retardatários de água subsuperficial, proveniente da área circundante. Neste caso as baías são interligadas originando as vazantes em forma de “colares” ou rosário, conforme assinalado por Assine (2003).

Desta forma, terrenos predominantemente arenosos como os da Baixa Nhecolândia encontram-se em processo de aplainamento: erosão ou desmantelamento de cordilheiras e assoreamento de vazantes e lagoas. Observa-se também corixos como o Riozinho, próximo às Fazendas Nhumirim e Porto Alegre que apresenta curso encaixado no sedimento, constatando o processo erosivo das águas de escoamento.

3.2.3. Caracterização espacial da totalidade das lagoas na Baixa Nhecolândia

3.2.3.1. Distribuição e concentração de lagoas

As lagoas da Baixa Nhecolândia apresentam tamanhos e formas variadas, bem como uma distribuição espacial diferenciada através da região, passíveis de serem observadas, descritas e correlacionadas aos processos hidromorfológicos e morfoestruturais regionais.

As lagoas podem ser divididas segundo a qualidade de suas águas: lagoas hipohalinas (baías), cujos valores de condutividade elétrica encontram-se abaixo de $< 750 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ e lagoas salinas $> 750 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

O mapa 8 foi elaborado a partir do mapa 1, cujas classes de interesse (Baías e Salinas) foram somadas em uma única classe “lagoas totais” e as outras classes (campos, cordilheiras e solo exposto) foram descartadas. O objetivo foi localizar as lagoas na sua totalidade, sem distinção da qualidade de suas águas, para que se tivesse uma caracterização espacial geral, antes de realizar as caracterizações específicas.

Foram identificadas 9324 lagoas com dimensão ou tamanho acima de 7200 m² regularmente distribuídas pela região, mas com diferentes graus de concentrações ou densidades (Mapas 10 e 11). O mapa 10 representa as classes de densidade de lagoas, expressas em km² de lagoas/unidade de área em km², e o mapa 11 representa as classes de densidade de lagoas generalizadas do mapa 3 com filtro mediana de Kernel 15, cuja finalidade é o realce das características principais.

As mais baixas concentrações de lagoas ocorrem nas porções dos extremos E e NE, limite com a Alta Nhecolândia, parte da porção W, bem como uma pequena porção à NW, cujos valores de concentrações variam de 0 a 0,2 km² de lagoa/km² de área (até 20% da área ocupada por lagoa), onde predominam respectivamente

as áreas brancas dos mapas 10 e 11. Entretanto, no mapa 11 observam-se algumas áreas de baixa concentração que ocorrem como zonas alongadas, cruzando quase paralelamente da porção central a SE, no sentido predominantemente de NE-SW, coincidindo com o traçado das principais vazantes, como por exemplo, Grande, Aguaçuinho, Mangabal, Ranchinho e Castelo. Estas mesmas áreas alongadas podem também facilmente ser observadas no mapa 9.

Em partes da porção W, nas áreas onde se localiza principalmente a Fazenda Firme, na porção N e algumas porções da área central, apresentam concentrações médias de lagoas, com valores entre 0,2 a 0,326 por km², ou seja, de 20 a 32,6% da área ocupada por lagoas e representadas predominantemente pela cor cinza.

Por fim, as maiores concentrações se localizam em diversas zonas aglutinadas, distribuídas predominantemente nas porções N, central e S-SE. A porção central representa uma região de mistura de graus de concentrações, provavelmente devido à quantidade de vazantes que cruzam a área.

Em síntese, observando o mapa 11, as lagoas da Baixa nhecolândia apresentam padrões gerais de distribuição e concentração variados, onde as maiores concentrações ocorrem nas porções S-SE e parte da porção N. Estas áreas de concentração apresentam uma disposição espacial em estruturas orientadas no sentido NE-SW, direção concordante com os traçados das vazantes. Verificam-se também poucas estruturas orientadas de SE-NW e dispostas discordantemente das direções das vazantes. As concentrações médias seguem o mesmo padrão que as altas concentrações, cujas zonas abrangem também as porções S-SE e parte da porção N, mas sua área ocupada é maior e nota-se que esta situa-se no entorno das altas concentrações, englobando-as totalmente. É importante salientar que as direções NE-SW são visivelmente destacadas quando se

observam estas duas classes de concentrações conjuntamente. A medida que se segue às porções N e W, diminuem as concentrações de lagoas.

3.2.3.2. Distribuição e concentração de lagoas por classes de tamanho

Foram observadas variações espaciais em função das dimensões das lagoas e que foram classificadas em 3 classes de tamanho (Mapa 12):

Tabela 4 –Frequência de lagoas por classes de tamanho

Lagoas	Tamanho (m ²)	Tamanho (ha)	Nº lagoas	%
pequenas	7199 a 127801	0,7199 a 12,78	6497	69,6
Médias	127801 a 384301	12,78 a 38,43	2204	23,6
grandes	384301 a 2100600	38,43 a 210,06	623	6,8

No total de 9324 lagoas identificadas, foram classificadas 6497 lagoas pequenas (69,6% do total), 2204 lagoas médias (23,6% do total) e 623 lagoas grandes (6,8% do total) (Gráfico 7). As lagoas pequenas predominam em número na Baixa Nhecolândia, correspondendo a 2,9 vezes mais que o número de lagoas médias e 10,4 vezes mais que o número de lagoas pequenas. Nota-se uma grande desproporção entre lagoas pequenas e grandes.

Nos mapas 13 e 14, respectivamente distribuição de lagoas pequenas e densidade por unidade de km², observa-se que as lagoas menores apresentam uma distribuição quase regular por toda a área e suas concentrações ou densidade por unidade de km² são predominantemente baixas, menores que 0.326 km² de lagoas por km². Entretanto, pode-se considerar que apesar desta regular distribuição geral, as lagoas pequenas concentram-se predominantemente nas porções W e SSE, e menos nas porções N, centro-sul e E (Mapa 14).

Gráfico 7 - Quantidade de lagoas por classes de tamanho

As lagoas de tamanho médio, apesar de apresentarem ainda uma regular distribuição espacial (Mapa 15), observa-se no mapa 16 um aumento da concentração de lagoas desta categoria nas porções S e SE, Ne central, em relação às baixas concentrações que ocorrem nas porções do extremo E, W e áreas correspondentes às áreas de vazantes, na porção S.

Contrariamente às lagoas pequenas, as lagoas de tamanho grande (MAPAS 17 e 18) apresentam-se irregularmente distribuídas pela região, porém verifica-se nestas áreas um aumento significativo da concentração de lagoas ocupando as porções central, N, S e SE, conforme assinalado no mapa 18 pela linha tracejada. As áreas onde se encontram as baixas e muito baixas concentrações de lagoas grandes localizam-se predominantemente nos extremos E, W e N.

Nota-se, então, que as lagoas menores representam a maior quantidade de indivíduos e encontram-se muito dispersas pela área e, à medida que se aumenta o tamanho das lagoas, ocorre gradativamente uma diminuição do número de indivíduos e um expressivo aglutinamento em porções centrais e sul da região da Baixa Nhecolândia.

3.2.3.3. Classificação e distribuição pelo índice de arredondamento das lagoas

Na Baixa Nhecolândia, as lagoas apresentam diversas formas, porém a mais característica delas é a gama de variação entre as lagoas mais esféricas às mais alongadas. A importância de caracterizar esta variação reside no fato de que estas formas podem indicar a gênese e/ou o processo que atuou ou está atuando na modelagem destas feições morfológicas.

A fim de se estabelecer parâmetros de comparação entre as formas, foi elaborada uma classificação segundo o índice de arredondamento calculado (ver item 2.2.3.1.3.2.) para cada lagoa, onde os índices mais baixos encontram-se as lagoas mais alongadas e os mais altos referem-se às lagoas mais arredondadas:

Tabela 5 –Frequência de lagoas por classes de arredondamento

Lagoas	Índice arredondamento	Nº lagoas	%
Muito alongadas	0,000 – 0,200	251	2,7
Alongadas	0,201 – 0,400	1790	19,2
Semi-arredondadas	0,401 – 0,600	5922	63,5
Arredondado	0,601 – 0,800	1361	14,6
Muito arredondadas	0,801 – 1,000	0	0
	TOTAL	9324	100

Para cada classe quantificou-se o número de lagoas. Observa-se que a maior parte delas apresenta forma semi-arredondada e a média calculada é 2448,75, dentro da classe das semi-arredondadas, em uma variância muito elevada (GRÁFICO 8).

Gráfico 8 – Histograma mostrando a quantidade de lagoas por classe de arredondamento e tabela de estatística descritiva dos dados.

Observa-se também que mesmo dentro de cada classe existem variações quanto às freqüências de lagoas em relação aos índices de arredondamento, tal como representadas nos histogramas de detalhes para subdivisões nas classes de arredondamento (GRÁFICO 9).

Na classe entre 0,0 – 0,2 a freqüência de lagoas cresce à medida que os valores aproximam-se do limite 0,2. Este comportamento pode ser verificado também na classe de 0,2 – 0,4 e na classe 0,4 – 0,6, quando na classe 0,6 – 0,8 após um pico no valor 0,62 a freqüência inverte seu comportamento e acentuadamente decresce até freqüências próximas de 0, posteriormente apresentando um pico isolado maior no grau 0,78, mais uma vez mostrando com detalhe que a maior freqüência das lagoas apresentam um índice de arredondamento entre 0,5 a 0,64, ou seja entre semi-arredondadas a arredondadas, caracterizando a dominância de um ou mesmo alguns processos morfogenéticos que ainda modelem formas mais arredondadas que os processos ligados às formas alongadas.

Com relação à distribuição espacial para cada classe de arredondamento, observa-se que as lagoas muito alongadas (0,0 – 0,2) são as menos numerosas, apenas 251 lagoas, e apresentam uma distribuição muito irregular na Baixa

Nhecolândia (MAPA 19). Concentram-se geralmente nas porções centro-norte, sul e SE (MAPA 20), diminuindo em direção à W e aos seus extremos N e E. Estas lagoas apresentam alongadas predominantemente de NE-SW e algumas na direção SE-NW, assim como seus agrupamentos que seguem as mesmas direções. Observa-se que as porções centro-norte, centro e SSE é a que apresenta a maior concentração conforme assinalado pela linha tracejada.

As lagoas alongadas (0,2 - 0,4), em maior número que a classe anterior, totalizam 1790 unidades. Distribuem-se com maior regularidade na Baixa Nhecolândia (MAPA 21) e o padrão em grupos orientados de lagoas não é tão aparente quanto à classe anterior, ainda que se verifiquem grupos alinhados nas mesmas direções NE-SW e SE-NW. Os alongamentos destas lagoas também sugerem orientações NE-SW e SE-NW, predominantemente.

Apesar da maior distribuição pela área, estas lagoas ainda concentram-se nas porções centro-norte, centro, sul e SE (MAPA 22), diminuindo em direção à W e aos seus extremos N e E. A distribuição espacial desta classe é semelhante à classe das lagoas muito alongadas, todavia, as médias concentrações aparecem com mais frequência na porção E e nos seus extremos N e W.

Gráfico 9 - Histogramas de freqüências de lagoas dentro das classes de arredondamento.

À medida que se aumenta o grau de arredondamento das lagoas a distribuição passa a ser mais regular pela área, portanto menos concentradas, conforme atestam os mapas 23 e 24 para as lagoas semi-arredondadas e mapas 25 e 26 para as arredondadas. Verifica-se uma ligeira concentração de lagoas mais arredondadas nas porções W e nos seus extremos N e E. Parecem não apresentar padrões nítidos alinhados de NE-SW e SE-NW, como nas classes mais alongadas.

3.2.3.4. Classificação e distribuição de lagoas pela orientação azimutal

As lagoas da Baixa Nhecolândia, aquelas com formas semi-arredondadas a alongadas, apresentam seus diâmetros maiores orientados para algumas direções azimutais preferenciais. Estas orientações são importantes para se estabelecer correlações das direções destas lagoas com as direções predominantes dos processos hidrodinâmicos e estruturais regionais.

O Gráfico 10 mostra o histograma referente à frequência das lagoas classificadas a partir do norte 0° para leste até 90° e do norte 0° para oeste 90° , subdivididas de 10 em 10 graus, conforme procedimento descrito no item 2.2.3.1.3.2. Pode-se notar que o histograma é trimodal onde 2 grandes grupos de lagoas reúnem-se nas direções $N30^\circ W$ a $N20^\circ E$ e $N60^\circ E$ a $N90^\circ E$ e um grupo menor encontra-se nas direções $N70^\circ W$ a $N90^\circ W$. Este fato pode ser melhor visualizado no Gráfico 11 onde os dados são dispostos num gráfico polar cujas direções dispõem-se em função dos mapas que serão apresentados a seguir.

Gráfico 10 – Histograma de frequência de lagoas por classes de 10° em 10° de direção azimutal de N para E e W.

Gráfico 11 – Histograma polar de frequência de lagoas por classes de 10° em 10° de direção azimutal para E e W.

As classes referentes à moda identificada com a letra “A” no gráfico 11, referem-se às lagoas dispostas de NE-SW. As lagoas direcionadas entre N60°E a N80°E são as que apresentam as maiores freqüências dentre todas as classes (Gráficos 10 e 11, Mapa 27) e apresentam-se melhor distribuídas pela região. Verifica-se também um aumento expressivo das concentrações localizados principalmente nas porções centrais, com exceção das porções localizadas nos extremos oeste e norte da Baixa Nhecolândia, onde predominam as médias concentrações (MAPA 28).

Observa-se também que as lagoas desta classe, principalmente as localizadas nas zonas de altas e muito altas concentrações, aparecem no mapa 27 bem estruturadas em alinhamentos de sentido predominantemente NE-SW, fato concordante com a direção das vazantes. Ocorrem alguns alinhamentos de SE-NW discordantes do sentido geral das vazantes.

Os mapas 29 e 30 mostram que as lagoas direcionadas entre N80°E e N90°E apresentam freqüência de lagoas menor que a classe anterior, sua distribuição é irregular e suas altas e muito altas concentrações ocorrem em parte da porção N e na porção W. Nas porções SE, centro e E encontram-se as baixas concentrações. Esta classe apresenta-se menos estruturada em alinhamentos, porém os poucos alinhamentos identificados encontram-se nas porções N e W da Baixa Nhecolândia, cuja direção predominante é de SE-NW.

Referente à moda identificada com a letra “B” no gráfico 11, as lagoas direcionadas entre N10°W a N10°E apresentam distribuição irregular por toda a área (Mapas 31 e 32) e alguns grupos dispõem-se alinhados nos sentidos NE-SW e SE-NW, mas estes alinhamentos não são tão nítidos quantos aqueles pertencentes à classe N60°E a N80°E. Apresentam no geral concentrações médias, exceto aquelas lagoas localizadas na porção SE onde a concentração é mais alta (Mapa 32).

Ainda na moda “B” do gráfico 11, as lagoas direcionadas entre as classes N10°-20°E e N20°-30°E, agrupadas no mapa 33, seguem o mesmo padrão das lagoas da classe anterior, porém a frequência de lagoas diminui. As altas concentrações localizam-se predominantemente na porção SE e pequenas aglutinações dispersas nas porções central, leste e oeste da Baixa Nhecolândia (Mapa 34). Contudo, nestas classes verifica-se uma diminuição das concentrações no restante da área e uma distribuição mais irregular que o grupo de lagoas anteriormente descrito.

De maneira geral, verifica-se que este padrão de distribuição de lagoas apresenta um organização espacial, ora menor, ora maior, variando em função das várias classes, identificada através de agrupamentos alinhados e direcionados destas lagoas. De maneira geral, estas lagoas organizam-se por agrupamentos alongados ou alinhamentos de lagoas, cujas orientações destes agrupamentos ou alinhamentos são predominantemente de NE-SW, SE-NW e um menor grupo de N-S.

As orientações dos alinhamentos acompanham de maneira geral as orientações das lagoas ou classes, porém em uma mesma classe ocorrem também estruturas com orientações discordantes, como por exemplo as estruturas alinhadas de SE-NW.

Tal fato mostra que apesar das lagoas individualizadas seguirem certas orientações, seus agrupamentos podem seguir orientações discordantes daqueles das lagoas individualizadas, sugerindo uma pequena correlação entre orientação de lagoas e orientação de agrupamentos estruturados de lagoas.

3.2.4. Caracterização físico-química e espacial das lagoas salinas e hipohalinas da Baixa Nhecolândia

Os critérios de classificação e espacialização das lagoas hipohalinas e salinas referem-se aos conhecimentos levantados em trabalhos anteriores, por exemplo os de BARBIERO *et alii*, (2002), que se preocuparam em entender os processos geoquímicos ligados à concentração dos sais nestas lagoas. Foram utilizados nesta tese como critérios de classificação de lagoas hipohalinas e salinas os parâmetros de pH e CE (condutividade elétrica), cujos procedimentos foram descritos no item 2.2.3.1.3.2..

3.2.4.1. O pH e a CE (condutividade elétrica) das lagoas.

O levantamento de dados de pH e CE das 156 lagoas amostradas na Baixa Nhecolândia permitiu caracterizar a diversidade de águas existentes na região. Verificou-se que as águas das lagoas estudadas apresentam uma gama ampla destes valores.

Com relação ao pH (Gráfico 12 e Tabela 6), estatisticamente as lagoas apresentam uma amplitude de valores de 4,81, cujo valor mínimo de pH é de 5,51, inserido na classe ‘medianamente ácido’, segundo tabela 2, e pH máximo de 10,32, ‘fortemente alcalino’. Tal fato pode ser constatado através do gráfico 12 que mostra um histograma (frequência *f* i e frequência acumulada *fac* de pH) com comportamento bimodal nas classes de pH 6,5 a 7 (neutro-ácido) e 9,5 a 10 (fortemente alcalino).

Portanto, apesar da primeira moda acusar um valor neutro-ácido (pH 6,68) para a maioria das lagoas, a mediana dos valores situa-se mais elevada, em pH 7,085, ou seja, de neutro-alcalino tendendo a valores fortemente alcalinos, alcançando então a segunda moda do histograma, pH 9,5 a 10 (fortemente alcalino). Tal

tendência à elevação do pH pode ser verificada pela assimetria das frequências que é positiva e alta (0,79) e a variância dos valores das amostras também é alta (1,557898), bem como seu desvio-padrão que é 1,248158.

Segundo a frequência de lagoas nas classes de pH (Tabela 7), pode-se observar que não ocorrem águas com $\text{pH} < 5,5$, entretanto, pode-se afirmar que as lagoas da Baixa Nhecolândia apresentam águas dentro de 2 classes predominantemente: neutro-ácido (26,29 % das lagoas) e fortemente alcalino (22,44% das lagoas), segundo o comportamento bimodal do histograma.

Com relação à condutividade elétrica (CE) das águas (Gráfico 13 e Tabela 8), as lagoas amostradas na Baixa Nhecolândia mostram uma grande variância de seus valores (44848649) e desvio-padrão de 6696,9, cujos valores mínimos e máximos de CE são respectivamente $29 \mu\text{S.cm}^{-1}$, inserida na classe “água doce” (Tabela 9) e $68100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (água hipersalina). A amplitude de valores é altíssima ($68071 \mu\text{S.cm}^{-1}$), indicando uma grande variabilidade de condutividade elétrica de águas de lagoas que poderiam indicar diferentes estágios de processos de salinização ou acidificação destas lagoas.

Assim como no histograma do pH (Gráfico 12), o histograma da condutividade elétrica (Gráfico 13) apresenta também uma bimodalidade de valores, cujos picos encontram-se nos intervalos de $250\text{-}500 \mu\text{S.cm}^{-1}$ e $2250\text{-}5000 \mu\text{S.cm}^{-1}$, classificados respectivamente como “média salinidade” e “salinidade extremamente alta”.

Gráfico 12 – Histograma e curva acumulada de frequência do pH das lagoas amostradas na Baixa Nhecolândia.

Tabela 6 – Estatística descritiva dos valores de pH das águas das lagoas.

Estatística descritiva de pH de lagoas	
Média	7,508974
Erro padrão	0,099933
Mediana	7,085
Moda	6,68
Desvio padrão	1,248158
Variância da amostra	1,557898
Curtose	-0,5568
Assimetria	0,791424
Amplitude	4,81
Mínimo	5,51
Máximo	10,32
Soma	1171,4
Contagem	156
Nível de confiança(95,0%)	0,197405

Tabela 7 – Classificação das lagoas da Baixa Nhecolândia segundo o pH de suas águas

Classes de pH	intervalo	f i	% f ac
Fortemente ácido	< 5,5	0	0
Medianamente ácido	5,5 – 6,0	5	3,21
Levemente ácido	6,0 – 6,5	28	17,94
Neutro-ácido	6,5 – 7,0	41	26,29
Neutro-alcálico	7,0 – 7,5	21	13,46
Levemente alcalino	7,5 – 8,0	16	10,25
Medianamente alcalino	8,0 – 8,5	10	6,41
Fortemente alcalino	8,5 a 11	35	22,44

Classes CE	f_i	$\% f_{ac}$
100	15	9,62%
250	24	25,00%
500	28	42,95%
750	20	55,77%
1000	11	62,82%
1250	9	68,59%
1500	9	74,36%
1750	8	79,49%
2000	3	81,41%
2250	3	83,33%
5000	13	91,67%
10000	6	95,51%
20000	3	97,44%
30000	2	98,72%
40000	1	99,36%
50000	0	99,36%
60000	0	99,36%
70000	1	100,00%

Gráfico 13 – Histograma e curva acumulada de frequência da CE das lagoas amostradas na Baixada Nhecolândia.

Tabela 8 – Estatística descritiva dos valores de condutividade elétrica (CE) das águas das lagoas.

Estatística descritiva de CE de lagoas	
Média	2294,038
Erro padrão	536,1822
Mediana	621
Moda	81
Desvio padrão	6696,913
Variância	44848649
Curtose	63,81603
Assimetria	7,265388
Intervalo	68071
Mínimo	29
Máximo	68100
Soma	357870
Contagem	156
Nível de confiança(95,0%)	1059,167

Portanto, apesar do valor da moda (Tabela 8) das lagoas situar-se na classe das águas doces ($81 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$), de acordo com a classificação da USSSL (1954) (Tabela 9), a mediana já se situa a $621 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, “águas com média salinidade”, concordando com o primeiro pico bimodal do histograma (Gráfico 13) e o valor da média situa-se então dentro da classe “águas com salinidade extremamente alta”, concordando com o segundo pico bimodal do mesmo histograma.

É importante notar que a assimetria encontra-se extremamente alta (7,265). Tal fato pode ser explicado pela ocorrência de algumas poucas lagoas com valores de CE extremamente altos, como o caso da lagoa “Salina do Meio” localizada na Fazenda Nhumirim (lagoa nh36s1, Anexo 1) cuja condutividade elétrica medida foi de $68100 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ e que sozinha elevou a variância das amostras, porém este é um caso que pode ser considerado isolado e fora do padrão.

Assim como verificado pela média estatística, as lagoas da Baixa Nhecolândia encontram-se nas proximidades da classe “Média Salinidade”, porém é necessário

ressaltar a ocorrência de lagoas de “Alta salinidade” a “Hipersalinas”, uma vez que estas lagoas diferenciam-se como um ambiente distinto das lagoas hipohalinas ou também consideradas como aquelas lagoas de “Média Salinidade” a “Água Doce”

Tabela 9 – Classificação das lagoas da Baixa Nhecolândia segundo a condutividade elétrica de suas águas (adaptado da classificação da USSSL - 1954).

Classes de CE	intervalo (mS.cm ⁻¹)	f i	% f ac
Águas doces	0 a 100	15	9,63
Baixa salinidade	100 a 250	24	15,37
Média salinidade	250 a 750	48	30,78
Alta salinidade	750 a 2250	43	27,57
Salinidade extremamente alta	2250 a 5000	13	8,34
Hipersalinidade *	5000 a 70000	13	8,34

* Classe inserida à classificação da USSSL (1954) a partir dos valores encontrados na Baixa Nhecolândia.

Tais dados estatísticos descrevem com maior detalhe o que as observações em campo já indicavam, bem como estudos anteriores que caracterizavam uma grande variação da qualidade das águas, ou seja uma gama de lagoas com pH e CE de alta variância e que esta variância pode estar espacialmente organizada e estruturada pela região da Baixa Nhecolândia

Apesar da alta variância destes 2 parâmetros físico-químicos de 156 lagoas observa-se que a correlação entre pH e CE é baixa (Gráfico 14), onde o R^2 (índice de correlação) é positivo e igual a 0,17, entretanto observa-se que a nuvem de pontos, em escala logarítmica de valores Y (CE), apresenta uma certa linearidade, concordando com a linha logarítmica de tendência.

Tais dados demonstram que de maneira geral lagoas que apresentam pH elevado, apresentam também CE elevada. O inverso também é observado. Porém,

algumas lagoas não apresentam correlação entre pH e CE, ou seja, apresentam valores de pH alto e CE baixo ou valores de pH baixo e CE altos.

Desta forma, a partir do gráfico 14, podemos dividir estas lagoas em quatro porções do gráfico, neste trabalho chamados de quadrantes (1, 2, 3 e 4). A partir dos valores de pH foram divididas as lagoas abaixo e acima de 7 (ácidas e alcalinas). Do mesmo modo foram divididas as lagoas com CE abaixo de $750 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (hipohalinas) e acima de $750 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (salinas).

Observa-se que as lagoas se concentram predominantemente nos quadrantes 1 e 4, respectivamente com 56 lagoas (GRÁFICO 13) representando 35% do total e 51 lagoas representando 33% do total, e que se referem àquelas que apresentam uma boa correlação entre pH e CE. Os quadrantes 2 e 3 apresentam as baixas correlações negativas de pH e CE e apresentam, respectivamente, 31 lagoas representando 20% do total e 18 lagoas representando 12%.

Cabe ressaltar que o objetivo deste trabalho não é adentrar sobre a evolução geoquímica das águas das lagoas, mas seria interessante levantar tais considerações, mesmo que não conclusivas e sim exploratórias, a partir de um resultado fornecido pelo gráfico 14, para que futuros trabalhos sejam desenvolvidos nesta direção.

A partir destes dados descritos acima, pode-se supor que as lagoas da Baixa Nhecolândia possam ser classificadas estatisticamente como ácidas-hipohalinas (quadrante 1) e alcalinas-salinas (quadrante 4), bem como as que podem ser classificadas como ácidas-salinas (quadrante 3) e alcalinas-hipohalinas (quadrante 2).

Gráfico 14– Correlação pH e CE de amostras de água das 156 lagoas da Baixa Nhecolândia e divisão em quadrantes, conforme tabela do anexo 1.

Tal fato mostra que, como observado por Barbiero *et al.* (2002), reflete grande variabilidade geoquímica das águas na Baixa Nhecolândia. Acrescenta-se que estas águas podem estar relacionadas a características físicas e químicas do ambiente de cada lagoa ou de grupos destas lagoas, bem como com controle bioclimático que, em conjunto, mineralizam as águas das lagoas e favorecem uma colonização planctônica diferenciada.

Este padrão foi identificado também por Acosta *et al.* (2003) em 22 lagos localizados na zona centro-meridional da Bolívia, buscando detectar padrões espaciais relacionados às características físicas e químicas das lagoas.

Gráfico 15 – Frequência e porcentagem de lagoas que compõem os quadrantes 1, 2, 3 e 4.

No mapa 46 é apresentada a localização das lagoas amostradas nas áreas das 3 fazendas (Firme, Nhumirim e São Joaquim, Figura 2) e classificadas estatisticamente conforme o gráfico 14. Inseridas manualmente sobre a imagem Landsat 5 TM de 20-10-1990 da Baixa Nhecolândia.

Estas 4 classes não puderam ser distinguidas, identificadas e portanto classificadas por geoprocessamento nas imagens de satélite para compreenderem o mapa 1, uma vez que 3 quadrantes (2, 3 e 4) apresentaram as mesmas características gráficas nas imagens e portanto classificados como lagoas salinas. Entretanto as lagoas referentes ao quadrante 1 puderam ser classificadas nas imagens como hipohalinas.

De qualquer forma, a partir da plotagem manual destas 4 categorias de lagoas no mapa 35, verifica-se no detalhe (Figura 19) que as lagoas do quadrante 1 (lagoas hipohalinas) encontram-se espacialmente na trajetória das vazantes ou áreas de escoamento d'água, praticamente desprotegidas das elevações das cordilheiras e sujeitas às trocas de água pela cheias.

Por outro lado, as lagoas do quadrante 4, hipersalinas, encontram-se nos interiores das cordilheiras, ou seja, suas águas encontram-se protegidas pelas elevações das cordilheiras e portanto sua CE e pH permanecem altos, bem mineralizadas e com forte atividade planctônica, ou ainda, segundo Barbiero *et al.* (2002), estariam em processo de concentração de salinidade.

Figura 19 – Distribuição espacial de amostras de lagoas na Fazenda Nhumirim, segundo as 4 classes de quadrantes. Recorte de imagem Landsat-TM5 de 20 de outubro de 1990. (Mapa 35)

As lagoas do quadrante 3 apresentam CE por volta de $1000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, mas pH abaixo de 7; encontram-se nos interiores das cordilheiras, porém, diferentemente do quadrante 4, encontram-se parcialmente protegida pelas cordilheiras, uma vez que estas apresentam aberturas para as áreas de campos, o que possivelmente

pode favorecer a mistura das águas mineralizadas com as águas doces das vazantes, neste caso poderia estar ocorrendo uma dessalinização gradual.

As lagoas do quadrante 2 apresentam elevado pH, acima de 7, e baixa CE, $<750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e localizam-se em áreas de campo ou interiores de cordilheiras. Neste caso, só parcialmente protegidas. Este quadrante pode representar também outro exemplo de antigas lagoas salinas em processo de dessalinização, desmineralizada.

Para se tentar compreender a variabilidade de lagoas segundo os quadrantes do gráfico 14, acreditou ser importante buscar os principais conceitos sobre equilíbrios entre ácidos e bases na literatura e apresentados abaixo.

Sobre a alcalinidade das soluções, segundo a literatura, é importante ressaltar que os equilíbrios ácidos-bases resultam em diferentes espécies concentradas na solução (CO_2 , H_2O , H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , H^+ , OH^-) que sob diferentes condições representam a composição das águas naturais, lagos, rios, águas subterrâneas e água do mar, no que concerne seus íons, e são diretamente mensuráveis a fim de caracterizar um sistema natural através de: pH, alcalinidade e a concentração de íons Ca^{2+} (SIGG *et alii*, 2000).

Neste caso, a alcalinidade é uma característica importante das águas naturais que representa a capacidade de neutralização de ácidos fortes e corresponde à soma das bases em relação ao estado de referencia H_2CO_3 e H_2O (KINNIBURGH D.G. *et alii*, 1996, *apud* SIGG *et alii*, 2000):

$$[\text{Alc}] = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$$

A acidez-H corresponde à soma dos ácidos em relação ao mesmo estado de referência H_2CO_3 e H_2O (MANCEAU A. e DRITS V.A., 1993, *apud* SIGG *et alii*, 2000) :

$$[Aci] = 2[H_2CO_3] + [HCO_3^-] + [H^+] - [OH^-]$$

Enquanto considera-se o balanço de cargas de uma água (em eq.l⁻¹), constata-se que a alcalinidade [Alc] pode ser definida como $[Alc] = a - b$.

FIGURA 20 - Balanço de cargas em uma água (NIELSEN A. E., 1964, *apud* SIGG *et alii*, 2000)

$$\begin{aligned}
 [Alc] &= [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] - [H^+] \\
 &= [Na^+] + [K^+] + 2[Ca^{2+}] + 2[Mg^{2+}] - [Cl^-] - 2[SO_4^{2-}] - [NO_3^-]
 \end{aligned}$$

Como mostra a equação da figura 20 (NIELSEN A. E., 1964, *apud* SIGG *et alii*, 2000), cada aumento de concentração de um cátion básico, como o [Na⁺], o [K⁺] ou o [Ca²⁺], aumenta a alcalinidade, enquanto que a inserção de um ânion ácido, como [Cl⁻], o [SO₄²⁻] ou o [NO₃⁻], diminui a alcalinidade. Este princípio é fundamental para a caracterização e o entendimento das qualidades das águas nas baías e lagoas da área de estudo deste trabalho, bem como dos processos de dissolução de elementos, concentração de cátions e ânions, e precipitação de outros elementos. Nota-se que a diferenciação de corpos d'água hipohalinos, alcalinos e salinos, assim como os elementos determinantes deste sistema, permitem estabelecer as condições ambientais básicas para que ocorra a evolução morfológica das lagoas salinas.

Na maioria dos solos e águas naturais, a alcalinidade é normalmente devida às espécies de carbonatos (alcalinidade carbonática), negligenciando as

concentrações de H^+ e OH^- , dos ânions orgânicos, complexos de íons de fósforo, sílica, alumínio e boro (VOROB'YEVA e ZAMANA 1984, KELLER *et alii.*, 1987, *apud* BARBIERO 2000):

$$[Alc-carbonática] = [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

Com relação à alcalinidade residual que é a diferença entre a alcalinidade carbonática e o teor de cálcio numa solução (EATON 1950, HARDIE e EUGSTER 1970, BEEK e BREEMEN 1973, DROUBI *et alii.* 1980, *apud* BARBIERO *et alii.*, 2002), sabe-se que, num ambiente onde a evaporação ocorre fortemente, como na Nhecolândia, as soluções se concentram e dois casos podem ocorrer: (1) uma via salina: caso os equivalentes de cálcio são mais elevados que a alcalinidade carbonática, então a molalidade em cálcio aumenta e a alcalinidade diminui; (2) uma via alcalina: caso os equivalentes de cálcio sejam inferiores à alcalinidade carbonática, então estes elementos evoluem na direção oposta por concentração.

Portanto, pode-se supor que uma das explicações a cerca das diferenciações entre as lagoas distribuídas nos quadrantes 2 e 3, podem estar vinculadas às evoluções de concentrações de suas águas segundo estas duas vias (alcalina ou salina).

Podemos aventar a possibilidade de que as lagoas inseridas no quadrante 2 estariam relacionadas a uma evolução de via alcalina, com pH >7 e baixa condutividade elétrica, ao passo que aquelas no quadrante 3 estariam relacionadas a uma evolução na via salina, cujo pH é <7, mas sua condutividade elétrica é alta (>750 $\mu S.cm^{-1}$).

Se a distribuição espacial e o grau de proteção que as cordilheiras fazem a estas lagoas podem apresentar correlação com a distribuição nos quadrantes do gráfico 14, então, poderíamos supor que a diferenciação da evolução das lagoas pelas vias alcalinas e salinas teriam correlação com a diferenciação da paisagem ou

com o grau de proteção das lagoas pelas cordilheiras, tendo em vista que as lagoas salinas encontram-se muito bem protegidas pelas cordilheiras, ao passo que algumas lagoas alcalinas encontram-se mais próximas aos campos e com cordilheiras mais segmentadas, o que proporcionaria uma maior troca de águas das vazantes, nas cheias.

Neste caso poderíamos supor que as lagoas do quadrante 4 preservam suas alcalinidades e salinidades, uma vez que estas lagoas são bem protegidas pelas águas ácidas das cheias das vazantes e sua tendência evolutiva é aumentar sua salinidade. Por outro lado, lagoas que poderiam ter sido salinas em um momento pretérito, atualmente encontram-se menos protegidas pelas cordilheiras, através da própria degradação destas cordilheiras, verificando-se o padrão segmentado das mesmas ao redor das lagoas, acarretando uma mistura de suas águas com aquelas ácidas das vazantes e ocasionando uma lixiviação de seus íons. Desta forma, começaria um processo das águas de dessalinização (via alcalina), “desalcalinização” (via salina) ou de acidificação ou águas hipohalinas (baías).

Tal fato pôde ser notado em algumas lagoas que em 2003 foram consideradas hipohalinas (quadrante 1). Estas lagoas apresentaram algumas concentrações da palmeira Carandá (*Copernícia Alba*) nas suas bordas, palmeira esta que se localiza em áreas cujo solo apresenta certa salinidade. Estas lagoas encontram-se com cordilheiras segmentadas ao redor, porém localizam-se em campo abertos.

A partir deste fato, estas lagoas hipohalinas, isoladas com Carandás, poderiam sugerir que já foram salinas e hoje estão em processo de acidificação por mistura de suas águas com águas doces, e estas áreas com Carandás corresponderiam a solos salinos residuais e com tendência ao desaparecimento.

3.2.4.2. A organização espacial das lagoas hipohalinas (baías)

Do total de lagoas na Baixa Nhecolândia (9324 unidades identificadas), as lagoas hipohalinas (chamadas localmente de “baías”) somam 7832 unidades, ou 84% aproximadamente do total de lagoas, ao contrário das salinas que totalizam 1492 lagoas, ou seja, 16%.

As lagoas hipohalinas ocorrem em todas as porções da Baixa Nhecolândia, porém sua distribuição é irregular (MAPAS 36 e 37) cujas maiores concentrações (classes média e alta concentrações) são registradas pelo mapa 48 ocorrendo principalmente nas porções SE, S e centro-norte. À W, E e no extremo N as concentrações são medianas e nos extremos S e NW as concentrações são baixas.

Os mapas 38 e 39 apresentam as lagoas hipohalinas pequenas (7199,9 a 127800 m²) e grandes (384300 a 2100599 m²) respectivamente, uma vez que as médias não apresentaram resultados significativos. Pode-se verificar que, apesar do padrão irregular de distribuição, as lagoas pequenas apresentam-se mais regularmente distribuídas e que, à medida que o tamanho aumenta, acentua-se a irregularidade espacial destas lagoas.

Entretanto, mesmo que as lagoas pequenas apresentam distribuição mais regular que as lagoas de tamanho grande, observam alinhamentos curvilíneos de lagoas.

Por outro lado, as lagoas hipohalinas grandes (Mapa 39) apresentam-se com distribuição espacial muito irregular, mas concentradas em áreas localizadas principalmente nas porções centro-norte, centro-sul e SSE. Nestas concentrações são mais visíveis lagoas alinhadas.

Tanto as lagoas hipohalinas, sem distinção de tamanho, quanto as lagoas hipohalinas grandes, observam-se áreas de concentrações das lagoas nitidamente

separadas por corredores representando campos de vazantes e portanto seguem uma direção predominantemente NE-SW. Tal fato pode ser observado melhor no mapa 40 que teve o propósito de generalizar o mapa 37 de classes de concentrações de lagoas hipohalinas a fim de se evidenciar melhor as principais organizações e estruturas destas lagoas.

3.2.4.3. A organização espacial das lagoas salinas

As lagoas salinas, identificadas no mapa 41, totalizam 4026 unidades, ou 16% aproximadamente do total de lagoas. Estas apresentam distribuições espaciais altamente irregulares, cujas altas concentrações localizam-se predominantemente nas porções SE e centro-norte (mapa 42), e algumas médias concentrações nas porções dos extremos S, nos limites com o pantanal do Rio Negro e W da Baixa Nhecolândia. As porções NW e NE apresentam muito baixa concentração de lagoas salinas.

As lagoas salinas encontram-se concentradas em grupos, assemelhando-se ao mesmo padrão das lagoas hipohalinas de tamanho grande (Mapa 39) e na forma alinhada em colares.

Os grupos de salinas apresentam-se, no geral, com formas alongadas e alinhadas. Portanto, tanto as lagoas agrupadas quanto as alinhadas na forma de colares seguem as mesmas direções predominantes daquelas encontradas no Leque do Taquari, NE-SW e SE-NW. É interessante observar no mapa 42 que alguns grupos de salinas alongadas em certa direção podem cruzar outros grupos de salinas alongadas e com direções quase ortogonais.

3.2.5. Descrição dos parâmetros das cordilheiras

As cordilheiras, formas de relevo de elevações do terreno na sua maioria ocupadas por vegetação arbustiva e arbórea de cerrado e cerradão, são um dos elementos fisiográficos que compõem e que marcam a paisagem da Baixa Nhecolândia. As cordilheiras serão a seguir analisadas segundo os parâmetros: tamanho, densidade, distribuição e orientação pela direção polar, segundo as porções da Baixa Nhecolândia e que são passíveis de serem observadas, mapeadas e descritas, sugerindo padrões de estruturas espaciais importantes na compreensão das cordilheiras e suas relações com os outros elementos da paisagem.

No mapa 43, pode-se observar que as cordilheiras estão distribuídas por toda a Baixa Nhecolândia, porém sua distribuição segue um padrão irregular, indicando áreas com maiores ou menores concentrações. As cordilheiras apresentam uma forma geral de feixes (Mapa 44), cujo corpo da cordilheira e as pontas dos ramos apresentam com frequência direção NE-SW, coincidindo com o sentido do escoamento das vazantes da área de estudo, ou seja, da dinâmica hídrica, e concordante também com o sentido principal dos alinhamentos da Baixa Nhecolândia descritos anteriormente. Uma outra parte do corpo e das pontas das cordilheiras alinham-se na direção SE-NW, concordando com o segundo eixo principal dos alinhamentos e discordando perpendicularmente do eixo principal NE-SW.

Em suma, pode-se considerar que o conjunto de cordilheiras, tanto o corpo quanto as pontas, de maneira geral, forma espacialmente um reticulado muito fragmentado e irregular concordante com os 2 eixos principais de alinhamentos da Baixa Nhecolândia.

Notam-se, ainda no mapa 43, áreas com ausências de cordilheiras que muitas vezes correspondem às áreas de campos, vazantes e lagoas. O formato em feixes

deve-se ao fato de que as cordilheiras encontram-se circundando ou englobando parcialmente ou totalmente as lagoas. Em determinadas áreas, a alta densidade de cordilheiras envolvendo lagoas pode formar um padrão de blocos de cordilheiras, conforme assinalado no mapa 45.

Esta distribuição irregular relaciona-se a outro parâmetro de análise espacial das cordilheiras: a densidade de distribuição em área de cordilheira por Km². O mapa 46 apresenta 5 classes de densidade de cordilheiras no qual se observam as áreas onde estas apresentam as baixas concentrações (classes 1 e 2), médias (classe 3) e as altas concentrações (classes 4 e 5).

As altas e médias concentrações ocorrem principalmente nas porções SE, centro-norte e extremos E, S e W. Verifica-se que as baixas concentrações ocorrem predominantemente nas porções centro-sul, centro-oeste e centro-leste e parte da porção NW. De maneira geral as áreas próximas aos limites da Baixa Nhecolândia apresentam as maiores concentrações de cordilheiras, ao passo que as baixas concentrações ocorrem nas porções centrais (Mapa 46).

O mapa 47 mostra as classes generalizadas de densidade de cordilheiras, a partir da filtragem mediana (Kernel 25x25) do mapa 46, a fim de ressaltar as áreas de predominância destas densidades, proporcionar o realce das formas das densidades e facilitar a identificação de padrões de estruturas espaciais de distribuição e orientação.

Nota-se que, além do que foi descrito acima sobre a distribuição das cordilheiras nas porções da Baixa Nhecolândia, estas apresentam médias (0,2311 a 0,4032 km² de cordilheira/km²) e altas concentrações (0,4032 a 1,000) com formas alongadas e apresentando direções preferenciais e indicadas no mapa 47 através dos alinhamentos. Estas zonas de médias e altas concentrações orientam-se segundo os 2 principais eixos de direções da área de estudo: NE-SW e SE-NW, e 2 eixos secundários N-S e E-W.

As médias e altas concentrações apresentam-se fortemente organizadas e orientadas segundo os principais eixos, ao passo que as baixas concentrações apresentam-se menos organizadas, porém, as estruturas que ocorrem seguem também as direções dos principais eixos da área.

Portanto, verifica-se que tanto nas cordilheiras individualizadas, quanto nas áreas de concentração destas (Mapas 44 e 47), as orientações seguem os mesmos eixos principais e secundários determinados acima, ficando evidente o caráter estruturalizante de organização espacial das cordilheiras pois o padrão reticulado ou cruzado das concentrações mostra que estes seguem a algum controle ditado pela dinâmica ou processos locais ou regionais.

As cordilheiras apresentam também um padrão estrutural de organização espacial segundo seus tamanhos ou suas dimensões. O mapa 48 classifica as cordilheiras em 3 dimensões: cordilheiras pequenas (899,8 m² a 2006845 m²), médias (2006845 m² a 5847001 m²) e grandes (5847001 m² a 261765652 m²) através do critério de desvio padrão do universo das cordilheiras, respectivamente <1 desvio, de 1 a 3 desvios e >3 desvios.

As cordilheiras apresentam tamanhos com diferentes distribuições pela área da Baixa Nhecolândia. As cordilheiras pequenas mostram uma distribuição irregular pela área mapeada. É nítido observar que a concentração de cordilheiras é mais alta nas porções N, NW e W e, esta concentração diminui em direção ao SE da área, onde as concentrações de lagoas pequenas são as menores. Estas concentrações apresentam-se principalmente alinhadas nos dois eixos NE-SW e SE-NW, entretanto as poucas cordilheiras pequenas localizadas a SE da Baixa Nhecolândia apresentam orientação de NNE-WSW e as maior quantidade que se localiza a NW orientam-se predominantemente de WNW a NNW.

As cordilheiras com tamanho médio ocorrem em menor número que as cordilheiras pequenas e sua distribuição é altamente irregular, concentrando-se mais nas porções N e W, e menos nas porções S e SE. Encontram-se orientadas nos eixos NE-SW, majoritariamente, e secundariamente no eixo SE-NW onde se localizam nas porções N, NW e W.

As cordilheiras grandes mostram distribuição altamente irregular, concentrando-se principalmente nas porções S e SE e algumas ocorrências na porção N. Estas seguem o mesmo padrão de alinhamento das cordilheiras médias, ou seja, orientam-se majoritariamente no eixo NE-SW e algumas ocorrências de SE-NW, nas porções N e S da Baixa Nhecolândia.

3.2.6. Descrição dos parâmetros das áreas de campos

As áreas de campos, segundo Fernandes (2000), são aquelas que se localizam em nível topográfico intermediário, ou seja, nível médio entre as depressões (lagoas e fundos de vazantes) e os elevados (cordilheiras). São nestas áreas por onde correm preferencialmente as vazantes.

Rodela (2003 e 2006, *apud* Rodela e Queiroz Neto, 2006), citando que a topografia pode ser representada, e portanto denominada, segundo unidades da vegetação, distingue 3 áreas de campos na área da Fazenda Nhumirim e que pode ser generalizada para o restante da Baixa Nhecolândia, segundo sua posição topográfica e seu grau de umidade:

- 1) Campos úmidos, mais baixos e próximos dos corpos d'água;
- 2) Campos sazonais, posição topográfica intermediária e de 1 a 2 metros mais elevados que os campos úmidos;

- 3) Campos secos, posição topográfica elevada, próxima das cordilheiras, aproximadamente 3 metros mais elevados que os campos úmidos, onde predominam os campos cerrados e cerrados.

No entanto, este trabalho considera as áreas de campos sem as distinções de Rodela (2003 e 2006), ou seja, considera-se as áreas de campos compreendendo os campos úmidos, campos sazonais e campos secos.

Os campos ocorrem por toda a extensão da Baixa Nhecolândia e é interessante observar que esta área significa o restante de terrenos quando se retiram todas as lagoas (ácidas e salinas) e as cordilheiras, sugerindo o elemento de fundo observado nas imagens de satélites.

Sua distribuição espacial é irregular e apresentam maiores concentrações nas porções centrais, norte, nordeste, oeste e sudoeste, e as menores concentrações ocorrem nas porções sudeste da área (Mapa 49). Tal fato mostra que as concentrações de campos ocorrem inversamente às concentrações de cordilheiras.

Esta irregularidade espacial apresenta padrões de lineamentos semelhantes aos padrões identificados nas lagoas e cordilheiras. Os campos apresentam a maioria dos lineamentos orientados segundo as duas principais direções NE-SW e SE-NW, e uma minoria nas direções secundárias N-S e E-W.

Os lineamentos de NE-SW ocorrem com maior distinção e frequência na porção central e sudeste, enquanto aqueles de SE-NW ocorrem mais frequentemente da porção central às porções norte e nordeste, no entanto, devido à grande concentração de campos nestas duas últimas porções, os lineamentos não são tão nítidos quanto aqueles presentes na porção SE. Tal fato deve-se à forma de manchas irregulares associadas às altas concentrações que os campos

apresentam nas porções norte e nordeste, diferentemente das formas alongadas que ocorrem na porção SE.

A disposição espacial dos campos alongados, principalmente aqueles com direções NE-SW, coincide preferencialmente com os cursos das vazantes que cruzam a Baixa Nhecolândia e que servem de escoadouros de águas de caráter intermitente, principalmente aquelas localizadas nas porções central e sudeste, conhecidas como vazantes Grande, Aguaçuzinho, Mangabal, Ranchinho, Castelo, dentre outras (Mapa 7).

Observam-se que estes campos alongados e vazantes, ainda na porção sudeste, mesmo apresentando direções predominantes NE-SW, podem apresentar ao longo de seu traçado rupturas acompanhadas de pequenos segmentos orientados na direção SE-NW, voltando logo em seguida a se estabelecer na direção preferencial NE-SW, conforme identificados nos lineamentos do mapa 65.

Nas porções norte e noroeste as vazantes ocorrem em menor número, sendo que a principal é a do Riozinho, por outro lado, predomina a disposição espacial das manchas irregulares que se relacionam às áreas sujeitas às inundações (campos úmidos e sazonais) e àquelas áreas que podem ser atingidas somente por fortes inundações (campos secos).

Vale ressaltar que as áreas de campos e vazantes encontram-se sempre limitadas pelas cordilheiras.

Em suma, este capítulo teve o objetivo de identificar e descrever as feições espaciais da topografia, das vazantes, das lagoas, das cordilheiras e das áreas de campos, todos estes principais elementos da paisagem que caracterizam a Baixa Nhecolândia (Mapa 1), distribuindo-se de forma organizada, muitas vezes por padrões semelhantes conforme este capítulo revelou. Entretanto, estas feições e padrões de organização refletem significados, resultantes dos processos atuantes

na área advindos da dinâmica do Leque aluvial e das atividades regionais, conforme analisado e interpretado no capítulo a seguir.

4. A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DOS ELEMENTOS DA BAIXA NHECOLÂNDIA, AS ESTRUTURAS LINEARES DA BACIA DO PANTANAL E A HÍDRODINÂMICA REGIONAL.

Nos capítulos anteriores foram identificados padrões de organização espacial dos vários elementos da paisagem estudados: Lagoas, vazantes, cordilheiras, topografia e áreas de campos. Neste capítulo serão discutidas as possíveis relações entre estes padrões de ordenamento identificados e os padrões espaciais originados pela hidrodinâmica do cone aluvial e aqueles ligados às estruturas lineares regionais, ou seja, das serranias do entorno da Bacia do Pantanal.

A fim de se tentar estabelecer correlações entre a organização espacial dos elementos da Baixa Nhecolândia e as estruturas lineares registradas da Bacia do Pantanal, foram elaboradas extensões para a maioria dos lineamentos, priorizando aqueles que atravessam a Baixa Nhecolândia (Mapa 50). Estas extensões facilitaram a visualização e identificação das prováveis correlações com os lineamentos de cada elemento da paisagem.

Observa-se que a maioria das extensões dos lineamentos converge para a área do cone do Taquari. O mapa 50 mostra o adensamento de extensões sobre a Baixa Nhecolândia formando um reticulado de linhas que apresentam predominância nas direções de NE-SW, N-S e SE-NW, conforme gráfico 16.

A seguir serão discutidas as evidências identificáveis de correlação entre os lineamentos regionais, através de suas extensões no Pantanal, e os principais lineamentos encontrados em cada elemento da paisagem. É importante remarcar que as evidências de lineamentos são várias e serão identificadas nos mapas por linhas tracejadas vermelhas grossas com o nome de “lineamentos de correlação”, porém as que se encontram nos mapas são apenas aquelas mais expressivas.

Gráfico 16 – Direção e frequência das extensões dos lineamentos regionais sobre a Baixa Nhecolândia.

Ressalta-se também que os lineamentos de correlação foram mapeados somente onde os lineamentos dos elementos encontram-se mais próximos ou sobre as extensões dos lineamentos regionais, entretanto não se desprezam aqueles ligeiramente distantes e que apresentam paralelismo de direção e que podem estar correlacionados a mesma influência dos lineamentos regionais mais próximos.

4.1. A topografia

A topografia da Baixa Nhecolândia, observada através da hipsometria de contraste (preto e branco) no mapa 3, apresenta cotas crescentes das proximidades do Rio Paraguai em direção a leste ou seja, em direção a Serra de Maracaju, conforme já descrito anteriormente e que representam as sucessivas deposições sedimentares das atividades dos cones aluviais associados à esta serra e, portanto, sob influência das atividades das estruturas tectônicas regionais no entorno do Pantanal .

O comportamento das curvas de nível, através da observação das inflexões ou quebras de direções, que se manifestam predominantemente nos sentidos NE-SW, SE-NW e, secundariamente no sentido N-S., concorda muitas vezes com as direções dos lineamentos regionais.

O mapa 51 mostra as feições lineares da topografia que apresentam concordância com os lineamentos regionais (linhas tracejadas vermelhas). Estas linhas foram resultantes da sobreposição dos lineamentos da topografia, a partir daqueles identificados no mapa 3, com as extensões dos lineamentos regionais (Mapa 50), mostrando que muitas feições topográficas são concordantes com os lineamentos mapeados nas serranias e seguem direções preferenciais NE-SW e SE-NW, secundariamente N-S.

Como exemplo, pode-se observar que as linhas A e B (Mapa 51), concordantes com extensões dos lineamentos são quase perpendiculares, sendo que o lineamento B corresponde à área por onde corre a Vazante do Riozinho.

Outro exemplo são as linhas de correlação C, K e L que são exemplos de uma quantidade de linhas orientadas no sentido SE-NW e que podem explicar as configurações e orientações das elevações e depressões ligadas às cordilheiras e vazantes. Por exemplo, a linha L concorda exatamente com o desnível topográfico entre a Baixa Nhecolândia e a Pantanal do rio Negro. O lineamento C (Mapa 51 e Figura 21) mostrando o desnível linear da topografia no sentido SE-NW. No sentido NE-SW observa-se o lineamento B referente à vazante do Riozinho.

O mesmo fenômeno pode ser observado na área da Fazenda Firme (Figura 22) onde o fenômeno apresenta-se mais nítido onde as áreas mais rebaixadas apresentam cores escuras e as áreas mais elevadas, cores mais claras.

Figura 21 - Detalhe dos mapas 3 e 51, hipsométrico de contraste, na porção nordeste da Baixa Nhecolândia mostrando a concordância (linha tracejada fina) entre lineamentos da topografia e extensões de lineamentos regionais (linha tracejada grossa).

O Lineamento D é discordante do E, ambos respectivamente orientados nas direções NE-SW e SE-NW e limitando a área esquerda das linhas (áreas mais escuras) que são áreas mais aplainadas, com maior quantidade de áreas de campos e com maior influência das cheias do rio Paraguai, e a direita (áreas mais claras) que são áreas mais elevadas topograficamente, com aumento das elevações (cordilheiras) e portanto menos atingidas pelas cheias do rio Paraguai.

Figura 22 – Detalhe do mapa hipsométrico de contraste na porção oeste da Baixa Nhecolândia mostrando a concordância (linha branca tracejada) entre lineamentos da topografia e extensões de lineamentos regionais (linha vermelha tracejada).

Neste sentido, admite-se o papel do controle da topografia pelos lineamentos regionais, apresentados pelo mapa 51 e figuras 21 e 22, alterando e configurando padrões linearizados e discordantes do fluxo hidrodinâmico do cone aluvial, uma vez que é nítida esta correlação nesta área, assim como em toda a topografia da Baixa Nhecolândia.

4.2. A hidrografia

Os cursos d'água da Baixa Nhecolândia, vazantes, apresentam padrão irregular seguindo, na maioria das vezes de NE-SW. Esta característica do padrão de

drenagem refere-se exclusivamente aos processos hidromorfológicos relacionados à dinâmica dos fluxos de água superficial que transbordam do rio Taquari e adentram na área da Nhecolândia através da Alta Nhecolândia e da vazante do Corixinho, alcançando a Baixa Nhecolândia e indo evacuar o maior volume de suas águas na zona de inundação do rio Negro e outro menor de volta à Vazante do Corixinho.

Como apresentado no item 3.2.2, em virtude do escasso gradiente topográfico, o escoamento se dá de forma muito lenta e elevando seu nível a alguns metros acima da superfície do solo, inundando as áreas rebaixadas, campos úmidos e, dependendo da intensidade das cheias, os campos secos. As lagoas, aquelas não totalmente isoladas por cordilheiras, recebem as águas das cheias e transbordam umas nas outras causando suas interconexões adquirindo a forma característica de rosário. O fator topográfico das cordilheiras, bem como sua forma, também determina o traçado e a forma apresentada pelas vazantes.

A direção preferencial NE-SW das vazantes que cruzam a Nhecolândia em parte pode ser observada logo no ângulo de defluência das águas da margem esquerda do Taquari, nas suas porções proximal e medial do cone, e seu traçado permanece com esta direção até o Pantanal do rio Negro ou desviam para W ou NW em direção à área da Vazante do Corixinho.

Autores como HARVEY (1988) e BULL (1977) apresentando vários estudos sobre cones de deposição, mencionam que este é um padrão de drenagem conhecidamente ligado à processos deposicionais. No caso da Baixa nhecolândia o transporte de materiais foi em parte proveniente das cabeceiras do leque por processos de sedimentação, tal como discutido por Assine (2003) e Soares *et al.* (2003). Porém atualmente os processos de transporte de materiais das elevações das cordilheiras, como observado ainda no item 3.2.2, para as áreas mais baixas a jusante, depositando-se nos fundos de vazantes e lagoas.

Este processo marcante de dissecação das cordilheiras e agradação das vazantes e lagoas que caracterizam a atuação da dinâmica hídrica na Baixa Nhecolândia.

Estes processos de dissecação e agradação estariam transformando a paisagem da Baixa Nhecolândia, cujo aplainamento da área estaria causando a destruição das cordilheiras e a conseqüente abertura de lagoas, antes isoladas das vazantes, pela erosão destas cordilheiras. Estes processos resultariam também na colmatação destas lagoas.

O contato das salinas com o fluxo externo de água das vazantes causaria a troca de águas e a dessalinização dessas lagoas através da lixiviação de seus sais. A paisagem da Baixa Nhecolândia se tornaria semelhante à da Alta Nhecolândia, caso o mesmo processo não tenha ocorrido com esta área também.

Ao contrário dos processos ligados à dinâmica hídrica, estes cursos d'água irregulares apresentam-se por segmentos lineares e com freqüentes rupturas de direções, muitas vezes rupturas discordantes da direção predominante. Estes lineamentos apresentam-se nas direções preferenciais de NE-SW, coincidindo com a direção da dinâmica hídrica, e também E-W, SE-SW e NNE-SSW, discordante da direção da dinâmica hídrica (Mapa 52).

Neste mapa, verifica-se a concordância entre alguns lineamentos de vazantes e as extensões dos lineamentos regionais, bem como muitas rupturas de traçado de vazante que ocorrem muitas vezes na intersecção com as extensões de lineamentos.

Tal fato pode ser relacionado à influência da atividade tectônica estrutural regional sobre os sedimentos do leque aluvial que condicionou o arranjo destas vazantes, uma vez que a ocorrência de quebras de direções nas vazantes é generalizada na região.

As rupturas seriam registros de influência dos lineamentos estruturais regionais sobre os traçados dos diversos cursos d'água da região, sejam eles rios, corixos e vazantes. Tal fato já foi observado por Assine (2003) quando cita que fortes lineamentos de vazantes encontram-se alinhados na direção NE e constituem a principal manifestação do Lineamento Transbrasiliano que se encontra mais ao norte da área. Zani *et alii* (2006) mencionou a relação entre lineamentos estruturais e a formação dos lobos deposicionais, conforme citado em capítulos anteriores.

Corroborando a tese de movimentação estrutural influenciando as feições da paisagem, podemos citar Almeida *et alii* (2006) que mencionou a topografia da área da Nhecolândia sendo mais elevada que o seu entorno e que teria sua gênese em uma movimentação estrutural regional, porém nenhum estudo de detalhe foi encontrado até o momento.

Observa-se na figura 23 vazantes (manchas negras) que, apesar de meandrando irregularmente e coincidindo com baías que coalescem, na porção sul da Baixa Nhecolândia, segue direção E-W e em determinado momento inflecte para NE-SW, concordando com as orientações dos lineamentos regionais (linha pontilhada azul).

O mesmo fenômeno ocorre em algumas vazantes da figura 24, como por exemplo a vazante do Riozinho que segue orientação NE-SW (A), inflecte para SE-NW e retoma direção NE-SW. Estas inflexões de cursos das vazantes são fortes indicadores destas influências das estruturas regionais sobre o traçado da drenagem na Baixa Nhecolândia, mesmo aqueles que se encontram paralelos aos lineamentos (B).

Figuras 23 – Área com lagoas e vazantes (manchas pretas) do sul da Baixa Nhecolândia com desvios acompanhando os lineamentos regionais (por exemplo vazante com linha pontilhada azul). As extensões dos lineamentos (linhas amarelas), estão correlacionadas aos lineamentos de vazantes (linha vermelha). (Imagem Landsat TM5 r3g4b5 (226/73) de 27/07/1988)

Um fato interessante que ilustra esta situação é o do Riozinho, cujo traçado meandrante segue do ponto “A” apresentando desvios e em determinado ponto o seu curso desvia para dentro da cordilheira ao invés de seguir seu curso pela área indicada como paleocanal, condicionado provavelmente pela estrutura regional, como indicado na figura 24, deixando seu paleocanal marcadamente caracterizado.

Figuras 24 – Vazantes do norte da Baixa Nhecolândia com desvios acompanhando os lineamentos regionais. As extensões dos lineamentos (linhas amarelas), estão correlacionandas com os lineamentos de vazantes (linha vermelha). (Imagem Landsat TM5 r3g4b5 (226/73) de 27/07/1988)

Verifica-se, portanto, que muitos traçados que não concordam com os lineamentos regionais estariam indicando a influência preponderante da dinâmica hídrica, ao contrário daqueles que concordariam com as várias direções dos lineamentos e refletiriam a influência estrutural regional.

Um fato marcante a ser considerado é a presença de um provável divisor de águas identificado nos mapas 7 e 52 e que pode dividir a drenagem da área em duas: uma que direcionaria as vazantes em direção à área da Vazante do Corixinho que teria direção predominante SE-NW e outra em direção ao rio Negro com direção predominante NE-SW.

Na verdade, os 2 processos ainda estariam ativos e atuando concomitantemente sobre a área apresentando ambos registros: atividade tectônica das estruturas regionais e a dinâmica hidrológica.

4.3. As lagoas

Assim como as vazantes, as lagoas, principalmente as alongadas e grandes apresentam-se organizadas espacialmente, cujas maiores concentrações ocorrem nas porções S, SE e parte da porção N, e estão orientadas na maioria de NE-SW. Por outro lado, as lagoas menos concentradas ocorrem em parte da porção N e majoritariamente na porção W.

Na escala da Baixa Nhecolândia, as evidências de influência das estruturas regionais aparecem com frequência alinhando lagoas ou delimitando grupos de lagoas tanto nas direções NE-SW quanto na SE-NW, e secundariamente NS, conforme descrito no item 3.2.3.

O mapa 53 mostra em detalhes lagoas alinhadas e concordantes com as extensões dos lineamentos regionais. Outra evidência de influência estrutural nas lagoas é o que se verifica nas lagoas grandes (Mapa 54). As lagoas grandes, concentrando-se mais na porção leste da Baixa Nhecolândia, mostram-se muito mais orientadas que as lagoas pequenas que se distribuem por toda a área, porém com ligeira concentração na porção oeste.

O mesmo ocorre com as lagoas alongadas (Mapa 55), apresentando-se mais orientadas e concordantes com as extensões dos lineamentos. As lagoas arredondadas, por sua vez, são de tamanho menor e apresentam menos correlação com os lineamentos regionais.

No que se refere a lagoas hipohalinas e salinas (Mapa 56) as salinas, aparentam uma maior orientação e correlação com as extensões de lineamentos.

Neste sentido, o padrão de espacialização das lagoas na Baixa Nhecolândia pode ser sintetizado a partir da análise de dois tipos de lagoas: lagoas pequenas e grandes.

Foi descrito anteriormente que as lagoas pequenas são as mais arredondadas e referem-se predominantemente às lagoas hipohalinas e em menor número às salinas, distribuindo-se quase regularmente por toda a área, porém mais concentradas nas porções W e SSW. Ocorrem em maior número que as lagoas grandes e quase não apresentam orientações preferenciais.

Em contrapartida, as lagoas de tamanho grande ocorrem em menor número, são as mais alongadas e coincidem com as lagoas salinas e em menor grau às lagoas hipohalinas. Distribuem-se irregularmente pela área cujas maiores concentrações ocorrem em partes da porção central, N e SE, apresentando-se marcadamente orientadas de NE-SW e secundariamente de SE-NW.

Em suma, as evidências descritas até então sobre as lagoas da Baixa Nhecolândia sugerem que estes lineamentos regionais exerceram um grande controle sobre a evolução das lagoas, possivelmente na época em que este lobo do cone estava ativo e a dinâmica hidrológica atuava mais intensamente na formação deste ambiente lagunar, deixando impresso registros deste controle nas características espaciais destas lagoas, hoje um tanto mais mascarados ou apagados pelas dinâmicas recentes.

4.4. As cordilheiras

Observa-se que as cordilheiras estão distribuídas irregularmente pela Baixa Nhecolândia, porém apresentando-se alinhadas em padrões seguindo principalmente o eixo NE-SW e, secundariamente, o eixo SE-NW, como os padrões encontrados também nas lagoas, vazantes e topografia.

As altas e médias concentrações, onde predominam as cordilheiras de tamanho grande, ocorrem nas porções SE, centro-norte e extremos E, S, W e as baixas concentrações, onde predominam as cordilheiras de pequeno tamanho, ocorrem nas porções centro-sul, centro-oeste e centro-leste e parte da porção NW. Tal fato sugere, conforme discutido no item anterior, que as cordilheiras estejam sofrendo ou sofrera um processo de erosão, muito lenta, porém existente.

Desta forma, pode-se supor que as áreas que apresentam menor densidade de cordilheiras sejam aquelas onde os processos erosivos tenham atuado com maior intensidade, ao contrário das áreas mais adensadas de cordilheiras. Poderíamos suspeitar que os processos erosivos remontariam de oeste a leste? Da parte distal do cone em direção a sua parte medial? Estudos mais detalhados seriam necessários para responder com precisão esta questão.

Quanto às formas que as cordilheiras adquirem, podem ser alongadas em feixes ramiformes, cujo corpo e pontas, de maneira geral, formam um arranjo reticulado muito fragmentado e irregular que acompanha a organização nos dois eixos NE-SW e SE-SW. Além de alongadas, ocorrem também em blocos englobando lagoas.

É importante relacionar estas características de cordilheiras às características da topografia, uma vez que estas representam as elevações topográficas locais e com as das lagoas. Estas elevações bem como o padrão de orientação das lagoas arranjam-se conforme as orientações dos lineamentos regionais.

Então, a forma de feixes ramiformes refere-se a áreas elevadas cujos segmentos em ramos apresentam-se nas principais orientações NE-SW e SE-NW, conforme mapa 44, e que sobre estas elevações atuaram processos erosivos.

Pode-se supor que a evolução destas cordilheiras ocorreu a partir da seguinte seqüência:

- 1) Um piso elevado mais largo e abrangente existia e poderia estar orientado nas principais direções controlado pelos lineamentos regionais;
- 2) processos erosivos atuaram nas bordas das cordilheiras causando um estreitamento na forma de ramos de elevações, conforme os remanescentes de cordilheiras em blocos indicados no mapa 45;
- 3) Lagoas isoladas pelas cordilheiras e orientadas nas orientações principais dos lineamentos estruturais, seriam abertas às vazantes pela erosão das cordilheiras, causando esta configuração atual de reentrância dos ramos das cordilheiras;
- 4) Forma atual ramificada e reticulada com aparência residual ou de testemunhos destas cordilheiras, conforme identificado no mapa 44.

A relação das cordilheiras com os lineamentos regionais é tão forte quanto os identificados na topografia, nas vazantes e lagoas. O mapa 57 identifica somente alguns lineamentos como exemplo de correlação distribuídos por toda a Baixa Nhecolândia.

Estas cordilheiras direcionadas de SE-NW nas porções norte estão relacionadas com as vazantes que seguem esta mesma direção e onde a topografia decresce drenando as águas para a área da Vazante do Corixinho.

O mesmo ocorre com as cordilheiras com direções NE-SW que ocorrem nas porções centro, sul e sudeste que acompanhando muitas vezes as vazantes da área, indicam direções gerais para o rio Negro. Assim como análise feita para a topografia e vazantes, as cordilheiras também sofreram influências das estruturas regionais.

Os mapas 58, 59 e 60, respectivamente nas áreas da Fazenda Firme, porção sul da Baixa Nhecolândia e área da Fazenda Nhumirim, detalham com clareza as evidências de correlação entre cordilheiras e lineamentos regionais, sugerindo que as características espaciais das cordilheiras deixam claro o controle estrutural regional sobre elas.

4.5. As áreas de campos

As características espaciais das áreas de campos da Baixa Nhecolândia seguem o padrão aparentemente inverso daqueles das cordilheiras (Mapa 61).

Estas áreas apresentam distribuição irregular, apesar de ocorrerem por toda a área, as menores ocorrências encontram-se na porção sudeste, com formas alongadas e estreitas, apresentando lineamentos predominantemente orientados de NE-SW a N-S, porém ocorrendo rupturas de traçado com pequenos segmentos orientados de NE-SW. Sugerindo forte controle estrutural regional.

Os campos nesta área funcionariam como o piso das vazantes, bem como marcariam exatamente os limites das áreas de inundação das vazantes até o contato com as cordilheiras, conforme pode ser observado no mapa 6. Entretanto, em outras áreas, como por exemplo, a porção oeste da Baixa Nhecolândia, algumas áreas de campos não correspondem a áreas de vazantes.

Diferentemente do exposto para a porção sudeste, os campos que ocorrem nas porções centro, norte e leste, onde apresentam principalmente formas de manchas irregulares, com lineamentos pouco nítidos, mas orientados principalmente de SE-NW e secundariamente de NE-SW, coincidem com áreas das vazantes, mas também áreas sem presença de vazantes, onde predominam os campos secos.

O controle estrutural das áreas de campos é menos evidente, porém aqueles lineamentos observados na porção central, sul e sudeste, alguns assinalados no mapa 61, deixam claro a existência de um condicionamento estrutural das áreas de campos.

CONCLUSÃO

A proposta desta tese de doutoramento foi caracterizar a organização espacial dos principais componentes da paisagem na Baixa Nhecolândia e analisar suas relações com as estruturas regionais e as dinâmicas hídricas.

Pôde-se classificar, mapear e analisar espacialmente os principais componentes da paisagem da Baixa Nhecolândia, por meio de técnicas de sensoriamento remoto:

Topografia: foram identificadas nítidas intercalações de elevações e depressões em formas de “línguas” delgadas, geralmente direcionadas no sentido NE-SW. O comportamento das curvas de nível, através da observação das inflexões ou quebras de direções, que se manifestam predominantemente nos sentidos NE-SW, SE-NW e, secundariamente no sentido N-S, concordam muitas vezes com as direções dos lineamentos regionais, admitindo-se o papel do controle da topografia por estes lineamentos.

Vazantes: O padrão irregular de drenagem refere-se exclusivamente aos processos hidromorfológicos relacionados à dinâmica dos fluxos de água superficial que transbordam do rio Taquari e adentram na área da Nhecolândia através da Alta Nhecolândia e da vazante do Corixinho. Alcançam a Baixa Nhecolândia e acabam desaguando o maior volume de suas águas na zona de inundação do rio Negro e outro menor de volta à Vazante do Corixinho. Entretanto, contrariamente ao padrão ligado aos processos hídromorfológicos, verificam-se segmentos lineares com freqüentes rupturas de direções, muitas vezes discordantes da direção predominante, e seguindo orientações preferenciais NE-SW, E-W e SE-SW, secundariamente de NNE-SSW. Tal fato relaciona-se à influência da atividade tectônica estrutural regional sobre os sedimentos do leque aluvial, condicionando o arranjo das vazantes.

Lagoas: Quanto à morfologia, 2 tipos lagoas chamam a atenção: lagoas pequenas são as mais arredondadas e referem-se predominantemente às lagoas hipohalinas e em menor número às salinas, distribuindo-se quase regularmente por toda a área, porém mais concentradas nas porções W e SSW. Ocorrem em maior número que as lagoas grandes e quase não apresentam orientações preferenciais.

Em contrapartida, as lagoas de tamanho grande ocorrem em menor número, são as mais alongadas e coincidem com as lagoas salinas e em menor grau às lagoas hipohalinas. Distribuem-se irregularmente pela área cujas maiores concentrações ocorrem em partes da porção central, N e SE, apresentando-se marcadamente orientadas de NE-SW e secundariamente de SE-NW.

As lagoas da Baixa Nhecolândia orientam-se preferencialmente segundo 3 direções: NE-SW (N60°E a N90°E), N-S (N30°W a N20°E) e um grupo menor de leste-oeste (N70°W a N90°W). Além destas direções, constata-se que existe um padrão de distribuição: nas porções SE e W da Baixa Nhecolândia encontram-se as lagoas orientadas preferencialmente de N20°W a N10°E. À medida que se segue em direção às porções N e W, as lagoas tornam-se direcionadas entre N50°E a N60°E. Estas direções concordam com as direções dos fluxos das vazantes que nas diversas porções da Baixa Nhecolândia.

Do total de 9324 lagoas identificadas e mapeadas na Baixa Nhecolândia, as lagoas hipohalinas ou “baías” somam 7832 unidades, ou 84% aproximadamente do total de lagoas, ao contrário das salinas que totalizam 1492 lagoas, ou seja, 16%.

As lagoas hipohalinas estão distribuídas irregularmente pela Baixa Nhecolândia apresentando-se em estruturas alinhadas em colares orientadas tanto de NE-SW quanto de SE-SW. Verifica-se também que as lagoas grandes apresentam padrões mais irregulares de distribuição que as lagoas de menor porte.

As lagoas salinas da Baixa Nhecolândia apresentam um padrão de distribuição irregular, cujas maiores concentrações ocorrem nas porções SE e centro-norte, preferencialmente, e as menores concentrações nas porções NW e NE. Ocorrem segundo 2 padrões de organização: 1) agrupamentos alongados, 2) alinhamentos na forma de colares, ambos padrões orientados nas direções preferenciais NE-SW e SE-NW.

Portanto, as características espaciais das lagoas da Baixa Nhecolândia sugerem que estes lineamentos regionais exerceram ou ainda exercem um grande controle na dinâmica hidrológica do leque aluvial e, portanto, sobre a evolução destas lagoas. Principalmente naquelas lagoas de tamanho grande, hipohalinas e salinas, deixando impresso registros deste controle nas características espaciais destas lagoas.

Cordilheiras: encontram-se distribuídas irregularmente pela Baixa Nhecolândia apresentando-se em padrões alinhadas seguindo principalmente o eixo NE-SW e secundariamente o eixo SE-NW. Suas formas são alongadas em feixes, cujo corpo e pontas, de maneira geral, formam um arranjo reticulado muito fragmentado e irregular que acompanha a organização nos dois eixos NE-SW e SE-SW. Além de alongadas, ocorrem também em blocos englobando lagoas. As altas e médias concentrações ocorrem nas porções SE, centro-norte e extremos E, S, W e as baixas concentrações ocorrem nas porções centro-sul, centro-oeste e centro-leste e parte da porção NW. As cordilheiras menores ocorrem nas porções N, NW e W enquanto que as grandes cordilheiras ocorrem principalmente nas porções SE e S. Nas porções S, SE e centro-norte ocorrem cordilheiras alinhadas de NE-SW, enquanto que nas porções N, NW e W ocorrem principalmente as de SE-NW.

A forma de feixes elevados, ramificados e reticulados, cujos segmentos apresentam-se nas principais orientações NE-SW e SE-NW, sugere que

processos hidrodinâmicos na Baixa Nhecolândia provoquem erosão sobre as cordilheiras desmontando-as, estreitando-as e depositando seus sedimentos nas depressões dos campos, lagoas e fundos de vazantes.

Entretanto, pode-se também considerar que estes arranjos de distribuição e forma das cordilheiras, nas direções NE-SW, SE-NW, e secundariamente N-S, sejam evidências do condicionamento das estruturas regionais na área, com frequência alinhando cordilheiras com lagoas, vazantes ou delimitando grupos de lagoas.

Campos: distribuem-se irregularmente, onde as maiores concentrações encontram-se nas porções centrais, norte, noroeste e sudoeste. Apresentam principalmente formas de manchas irregulares, representando áreas sujeitas às inundações, com lineamentos pouco nítidos, mas, aqueles que podem ser observados, encontram-se orientados principalmente de SE-NW e secundariamente de NE-SW. As formas alongadas, nítidas, ocorrem predominantemente nas porções central e sudeste, associadas às vazantes e apresentam lineamentos predominantemente orientados de NE-SW a N-S, porém ocorrendo rupturas de traçado com pequenos segmentos orientados de NE-SW. O controle estrutural das áreas de campos é menos evidente, porém aqueles lineamentos observados na porção central, sul e sudeste, ressaltam existência de um condicionamento estrutural das áreas de campos.

Este trabalho, identificando padrões intrínsecos de distribuição espacial para os principais elementos da Baixa Nhecolândia (topografia, vazantes, lagoas salinas, baías, cordilheiras e áreas de campos), bem como analisando as características de cada unidade individualizada de seu contexto regional, expostas acima,, permitiu estabelecer relações espaciais importantes que possibilitou afirmar que:

- 1) Existem padrões de organização espacial dos elementos da paisagem da Baixa Nhecolândia;

- 2) Que estes padrões são relacionados à dinâmica hidrológica do cone aluvial do rio Taquari e às estruturas lineares tectônicas das regiões do entorno.

Assim, a partir do exposto, comprovou-se a hipótese colocada no início desta tese de que as atividades das estruturas regionais, ativas até hoje, associadas à dinâmica hidrológica, controlariam os elementos da paisagem na Baixa Nhecolândia, principalmente a rede hidrográfica e que este controle poderia ser identificado através das relações entre o padrão espacial desses elementos e os lineamentos regionais.

Portanto, a partir de todos os padrões de organização espacial dos elementos da paisagem identificados, descritos e relacionados aos lineamentos regionais e às características hídricas do leque aluvial expostos até então, levou-nos a afirmar que toda a área da Baixa Nhecolândia vem sofrendo influência de dois processos principais e concomitantes, quais sejam:

- 1) As atividades tectônicas que vem atuando em toda a Baixa Nhecolândia condicionando formas e espacializações dos elementos da paisagem e por extrapolação, em todo o leque aluvial do Rio Taquari, cujas evidências puderam ser observadas nas serranias do entorno da planície pantaneira através da presença dos lineamentos das estruturas regionais, mas atualmente através das relações destes lineamentos com as características dos elementos da Baixa Nhecolândia;
- 2) As atividades hidrodinâmicas do leque aluvial do Rio Taquari atuaram concomitantemente com as atividades tectônicas. A rede hidrográfica segue padrões característicos da dinâmica de um leque aluvial através da formação e desativação de lobos de sedimentação, construindo padrões irregulares a semi-meândricos de drenagem, influenciados pelo ritmo das chuvas e cheias da região. Estas cheias que escoam coalescendo lagoas por meio dos campos e vazantes

em uma direção da desembocadura do Rio Taquari, da área proximal à área distal do leque, de NE-SW predominantemente.

Desta forma, a configuração da rede de drenagem é a que mais evidencia a influência das estruturas regionais.

As atividades estruturais regionais tiveram e têm papel fundamental na evolução da paisagem da Baixa Nhecolândia, principalmente sobre a dinâmica hidrogeomorfológica. Os lineamentos têm modificado continuamente a topografia. Os cursos d'água aproveitaram ou foram capturados pelo novo arranjo do relevo formando novos escoadouros e deixando canais desativados. A dinâmica hídrica atua em uma nova frente erodindo bordas das cordilheiras que, abrindo lagoas antes isoladas, expõem-nas em contato com as águas das vazantes e lixiviando seus minerais e apagando ou mascarando registros das atividades tectônicas atuantes na área.

Outra conclusão que este trabalho que se pode tirar deste trabalho foi a eficácia das técnicas de geoprocessamento para realizar a análise espacial, no que se refere à classificação e determinação das características morfológicas para cada elemento da paisagem da Baixa Nhecolândia.

Espera-se que este trabalho desperte a necessidade de outros estudos no sentido de utilizar outros métodos e técnicas para aumentar os conhecimentos sobre as dinâmicas e processos que atuam no Pantanal Matogrossense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. - O Pantanal Matogrossense e a teoria dos refúgios. RBG n. 50 (especial). Tomo 2. pg 9-57, 1988.

ACOSTA, F., CADIMA, M. & MALDONADO, M. – Patrones espaciales de la comunidad planctônica lacustre em um gradiente geofísico y bioclimático em Bolívia. Rev. Bol. Ecol., 13:31-53, 2003.

ADÂMOLI, J. - A dinâmica das inundações no Pantanal. In 1º Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. Anais. EMBRAPA, Brasília, 1986.

ALFONSI, R.R. & CAMARGO, M.B.P. de - Condições climáticas para a região do Pantanal Mato-grossense. In 1º Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. Anais. EMBRAPA, Brasília, 1986.

ALHO, C. J. R. *et alii* - Environmental degradation in the Pantanal ecosystem. IN: Brazil, the Word's largest wetland is being threatened by human activities Bioscience. Vol. 38 n.3, 1988.

ALMEIDA, F. F. M. de & LIMA, M. A. de - Planalto centro ocidental e Pantanal Matogrossense. IN: Guia de excursão n. 1, realizado por ocasião do XVIII Congresso Internacional de Geografia. CNG. Rio de Janeiro. 170 pg., 1959.

ALMEIDA T.I.R., FERNANDES E., MENDES D., SÍGOLO J.B. - Distribuição espacial de diferentes classes de lagoas no Pantanal da Nhecolândia, MS: uma contribuição ao estudo de sua compartimentação e gênese. Anais do 1º Simpósio de Geotecnologias do Pantanal, 11 a 15 de novembro. Campo Grande: EMBRAPA Informática Agropecuária/INPE, p. 155– 164, 2006.

ALMEIDA, T.I.R., SÍGOLO, J.B., FERNANDES, E., QUEIROZ NETO, J.P. de , BARBIERO, L., SAKAMOTO, A.Y. – Proposta de classificação e gênese das lagoas da Baixa Nhecolândia – MS, com base em sensoriamento remoto e dados de campo. São Paulo: Revista Brasileira de Geociências, vol. 33,2 (suplemento) 83-90, 2003.

ASSINE, M.L. – River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. In: Geomorphology. Elsevier V.B. , 70, p. 357-371, 2005.

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

ASSINE, M.L. – Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-oeste do Brasil. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista – UNICAMP, Tese de livre docência, 2003

BARBIÉRO L., QUEIROZ NETO J.P., CIORNEI G., SAKAMOTO A., CAPELLARI B. – Geoquímica das águas de superfície e do lençóis freáticos da Nhecolândia, Pantanal de Mato Grosso (MS, Brasil). III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Corumbá, 27 a 30 novembro de 2000.

BARBIÉRO L., QUEIROZ NETO J.P., SAKAMOTO A., – Características geoquímicas dos solos relacionados à organização pedológica e à circulação da água (Fazenda Nhumirim da EMBRAPA, Nhecolândia, MS). III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Corumbá, 27 a 30 novembro de 2000.

BARBIÉRO L., FURIAN S., QUEIROZ NETO J.P., SAKAMOTO A., VALLES V., VIERS J., - Comportamento de elementos menores, elementos traços e terras raras em processos de concentração de soluções na Nhecolândia, Pantanal de Mato Grosso (MS). VIII Congresso Brasileiro de Geoquímica e I Simpósio de Geoquímica dos países do Mercosul, Curitiba, 2001.

BARBIÉRO L., QUEIROZ NETO J.P. de, CIORNEI G., SAKAMOTO, A., FERNANDES, E., CAPELLARI B., VALLES V. - Geochemistry of water and groundwater in the Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso, Brazil. Variability and associated processes. United States: *Wetlands*, vol. 22, n. 3, September, 2002.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, Caderno de Ciências da Terra, n.13, 1972.

BRASIL - Cartas topográficas (1:100.000), Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), Brasília, 1975.

BRASIL - Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). Estudos hidrológicos da bacia do alto Paraguai. Rio de Janeiro. 4 volumes, 1974.

BRASIL - Análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai. PCBAP, vol. 3, Brasília: PNMA, 369p., 1997.

BRASIL - Projeto RADAMBRASIL, Folha SE. 20 Corumbá. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e energia. Levantamento de recursos naturais, vol. 27, 1984.

BRASIL - Análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai. PCBAP – Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. vol. 3, Brasília: PNMA, 369p., 1997.

BRAUN, E. H. G. - Leque Aluvial do Taquari, unidade geomórfica marcante na planície quaternária do Pantanal. RBG. 39 (4): 164-180, 1977.

BRUM, P.A.R., SOUZA, J.C., - Níveis de nutrientes minerais para gado, em lagoas no Pantanal Sul Mato-Grossense. Pesquisa Agropecuária Brasileira 20 (12): 1451-1454, 1985.

BULL, W.B. – The alluvial fan environment. Progress in Physical Geography, 1:222-270, 1977.

CAMARA G., DAVIS C., MONTEIRO A. M. M. - Introdução a Ciência da geoinformação. São José dos Campos, SP. (<http://www.dpi.inpe/gilberto/livro/introd/>), consulta realizada em 20/06/2003.

CÂMARA G., MEDEIROS J. S. 1.998 – Mapas e suas representações computacionais – in ASSAD E. D., SANO E. E. – Sistemas de informações geográficas - Aplicações na agricultura – 2ª ed., ver. e ampl. – Brasília : EMBRAPA – SPI / EMBRAPA-CPAC, 1998.

CAPELLARI, B. - Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da dinâmica hidrológica da região da Nhecolândia, Pantanal Matogrossense, MS., São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/ Universidade de São Paulo, (Dissertação de Mestrado), 2001.

CARVALHO, N. O. Hidrologia do Alto Paraguai. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal, 1., Corumbá. Anais. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 63-76. (EMBRAPA-CPAP.Documentos, 5), 1984.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. - Carta geológica do Brasil ao milionésimo: sistema de informações geográficas – SIG. Folha SE21-Corumbá. Brasília: CPRM, CD Rom 30/41. 41 CD Rom. Programa Geológico do Brasil. 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda., 2002.

COLINVAUX, P.A., P.E. OLIVEIRA, BUSH M.B. - Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales. The failure of the aridity and refuge hypotheses. Quaternary Science Reviews 19 : 141-169, 2000.

COLTRINARI, L. – Natural and anthropogenic interactions in the Brazilian tropics. In: BERGER A.R.& IAMS W.J. - Geoindicators, Assessing rapid environmental changes in earth systems, A.A. Balkema & Brookfield, Rotterdam, p. 295-310, 1996.

COUTINHO A. C. 1997 – Dissertação apresentada ao Departamento de Ecologia Geral do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências – Segmentação e Classificação de Imagens LANDSAT – TM para o mapeamento dos usos da terra na região de Campinas, SP – São Paulo : USP – 1997.

CROSTA A. P. -- Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto - Campinas, IG/UNICAMP, 170p., 1993.

CUNHA, Jorge da - Cobre do jaurú e lagoas alcalinas do Pantanal (Mato Grosso). DNPM/LPM. Boletim 6. 60p., 1943.

CUNHA, NOEL GOMES DA - Dinâmica de nutrientes em solos arenosos no Pantanal Matogrossense - EMBRAPA-CPAP, circular técnica n. 17, 1985.

CUNHA, NOEL GOMES DA - Classificação e fertilidade de solos da planície sedimentar do rio Taquari, Pantanal Matogrossense. EMBRAPA-UEPAE-CORUMBÁ(MS), circular técnica n.04. 1981.

CUNHA, NOEL GOMES DA - Considerações sobre os solos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Matogrossense -EMBRAPA-CPAP, circular técnica n.1. 1980.

ESTEVES, F. de A. – Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 2ª ed., 1998.

FARINA, A. - Principles and methods in landscape ecology. Chapman an Hall, London. 1998.

FERNANDES, E., QUEIROZ NETO, J.P. - Os Defluentes do Rio Taquari: Vazantes e Corixos no Sistema Hidrológico da Nhecolândia. Anais do IV Simpósio Nacional da Associação Brasileira de Geomorfologia. Campinas, setembro, 2000.

FERNANDES, E. – Caracterização dos elementos do meio físico e da dinâmica da Nhecolândia (Pantanal Sulmatogrossense). São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/ Universidade de São Paulo, (Dissertação de Mestrado), 2000

FERNANDES, E., SAKAMOTO, A. Y., QUEIROZ NETO, J. P. de, LUCATI, H. M., CAPELLARI, B. - Le "Pantanal da Nhecolândia" cadre physique et Dynamique hydrologique. In: Suplemento di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria. Comitato Glaciologico Italiano, v. 22, p. 13-21, Itália, 1999

FERNANDES, E., SAKAMOTO, A. Y., QUEIROZ NETO, J. P. de, LUCATI, H. M., CAPELLARI, B - Le "Pantanal da Nhecolândia" cadre physique et Dynamique hydrologique. Anais da Quatrième Conférence Internationale de Géomorphologie. Bologna - Italia, 28-VIII / 3-IX, 1997.

FERNANDES, E., LUCATI, H. M., CAPELLARI, B., QUEIROZ NETO, J. P. de, - Modelo digital para tratamento de cartas topográficas do Pantanal da Nhecolândia (MS). II Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação, EMBRAPA-CPAP/Corumbá, 1996.

FERNANDES, E.; CAPELLARI, B.; LUCATI, H.M.; QUEIROZ NETO, J.P. - Modelo digital para tratamento de cartas topográficas do Pantanal da Nhecolândia -MS. Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Manejo e conservação. EMBRAPA/CPAP/UFMS, Corumbá, 1996.

FORMAN, T.T.R., GODRON, M. Landscape Ecology. New York: John Wiley & Sons, 619p. 1986.

FRECAUT, R. Les modalités de l'écoulement de surface. In "Le Pantanal (Brésil). Etude ecogeographique" CEGET, Travaux et documents de Géographie Tropicale n. 52:75-90, 1984.

FURQUIM, S.A.C., QUEIROZ NETO, J.P, FURIAN, S. – Mg-Mica formation in alkaline environment of the Nhecolândia, South Mato Grosso, Brazil. Applied Mineralogy, p. 411-414, 2004.

GODOI FILHO, J. D. de - Aspectos geológicos do Pantanal Mato-grossense e sua área de influência. 1º Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal. ANAIS, Brasília. EMBRAPA, pp. 63 – 96, 1986.

GOTTGENS, J.F., R.H. FORTNEY, J. MEYER, J.E. PERRY, AND B.E. ROOD - The case of the Paraguay-Paraná waterway ("Hidrovia") and its impact on the Pantanal of Brazil: a summary report to the Society of Wetlands Scientists. Wetlands Bulletin, 12-18, 1998.

HAMILTON, S.K., S.J. SIPPEL, AND J.M. MELACK - Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. Arch. Hydrobiol. 37, 1-23. 1996.

HAMILTON, S.K., SIPPEL, S.S.J., CALHEIROS, D.F., MELACK, J.M.-. Chemical characteristics of Pantanal waters. II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Corumbá, 18 a 22 novembro de 1996, 89-100, 1999.

HARVEY, A.M. – Alluvial fans dissection: relationship between morphology and sedimentation. L. Frostk & I. Reid Ed. Desert sediments, ancient and modern. Geological Society of London, 35: 87-103, 1986.

IBGE – Manuais Técnicos em geociências, número 8 – Nocões básicas de cartografia – Departamento de Cartografia – Rio de Janeiro : IBGE 1999.

INPE – Departamento de Processamento de Imagens - Manual de treinamento e operação do SPRING, versão 4.0 : INPE - São José dos Campos, SP, 2003.

INPE - www.inpe.br - site visitado em 20/05/2004.

JOLY, F. – A Cartografia. Campinas: Papirus, 1990. 136p., 1990.

KLAMMER, G. - Die Palaowiiste des Pantanal von Mato Grosso und die pleistzane Klimagechichte der brasilianis chen randtropen. Z. Geomorph. 26 (4) 393-416. Berlin, 1982.

LEÃO, M.I. - O comportamento das águas subterrâneas no Pantanal. Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Manejo e conservação. EMBRAPA / CPAP / UFMS, Corumbá, 1996.

MARGALEFF, R. – Limnologia. Barcelona: Omega, 1983.

MARTINELLI, M.; PEDROTTI, F. A cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: Depto de Geografia/USP, n. 14, p. 39-46, 2001.

MAXIMIANO, L.A. Considerações sobre o conceito de paisagem. Rev. RA'EGA: O Espaço Geográfico em análise, Curitiba: Ed. UFPR, n.8, p.83-91.

MCGARIGAL, K., B. J. MARKS.. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351, 1995.

MEDEIROS C. B., PIRES F. – Bancos de dados e sistemas de informações geográficas - in ASSAD E. D., SANO E. E. – Sistemas de informações geográficas - Aplicações na agricultura – 2ª ed., ver. e ampl. – Brasília : EMBRAPA – SPI / EMBRAPA-CPAC, 1998

MOREIRA, M. A. - Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicações – São José dos Campos : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001 - (<http://www.itid.inpe.br/dsr/mauricio/livro.html>).

MOURÃO, G.M. - Limnologia de três lagoas (duas baías e uma salina) do Pantanal da Nhecolândia, MS. Dissertação de Mestrado, UFSCar: Depto. de Ciências Biológicas, São Carlos, SP, 135p., 1988.

NAVEH, Z., LIEBERMAN, A.-. Landscape ecology: theory and application. Springer-Verlag, New York, 1994.

NOVO, E. M. L. M. – Sensoriamento Remoto – Principio e Aplicações – 2ª ed. 3ª reimpressão 1.998 - São José dos Campos : Edgard Blücher Ltda 1998.

POR, F.D. – The Pantanal of Mato Grosso (Brazil). World's largest wetlands. Kluwer Academic Publisher, Monographiae biologicae 73, Boston/London, 1995.

ORUETA, A.G., PÉREZ, M.R., PONS, J.M. – Prácticas de Análisis Espacial. Barcelona: Oikos-tau, 1995.

QUEIROZ NETO, J. P. de, FERNANDES, E., SAKAMOTO, A. Y. – Le fleuve Taquari et le fonctionnement hydrodynamique de la Nhecolândia (Pantanal de Mato Grosso du Sud - Brésil). Anais da 6ª Conferência Internacional de Geomorfologia. Zaragoza-Espanha, 7 a 11 de setembro, 2005.

QUEIROZ NETO, J. P. de, LUCATI, H. M., CAPELLARI, B., FERNANDES, E. SAKAMOTO, A. Y., BOTELHO, R. G. M. - Nhecolândia: exemplo de regime hidrológico do leque aluvial do Taquari (MS). Anais do II Simpósio Nacional de Geomorfologia. Florianópolis-SC, 03 à 08/11/1998.

QUEIROZ NETO, J. P. de, SAKAMOTO, A. Y., LUCATI, H. M., FERNANDES, E., CAPELLARI, E. - Solos de cordilheiras, baías e lagoas salinas na área do Leque (Pantanal da Nhecolândia - MS). Anais: VII Semana de Estudos de Geografia do CEUL - UFMS e VIII Encontro Sul-Mato-Grossense de Geógrafos. Três Lagoas - MS, outubro, 1997.

QUEIROZ NETO, J.P. de SAKAMOTO, A. ., LUCATI, H., FERNANDES, E., CAPELLARI, B. - Dinâmica hídrica de uma lagoa salina e seu entorno na área do Leque, Nhecolândia (Pantanal-MS). II Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação, EMBRAPA-CPAP/Corumbá., 1996.

QUEIROZ NETO, J.P. de, SAKAMOTO, A., FERNANDES, E., LUCATI, H., CAPELLARI, B. - Processos Dinâmicos no Pantanal da Nhecolândia - MS. II Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação, EMBRAPA-CPAP/Corumbá, 1996.

QUEIROZ NETO, J.P.; SAKAMOTO, A. Y. ; LUCATI, H.M. & FERNANDES, E. - Dinâmica hídrica de uma lagoa salina e seu entorno na área do Leque, Nhecolândia, Pantanal-MS. Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Manejo e conservação. EMBRAPA/CPAP/UFMS, Corumbá, 1996.

RIBOLZI, O., V. VALLÈS, T. BARIAC. (1996) -. Comparison of hydrograph deconvolutions using residual alkalinity, chloride and oxygen 18 as hydrochemical tracers. Water Resources Research (32):1051-1059.

RODELA, L. G.; QUEIROZ NETO, J.P.de (2006) – Estacionalidade do clima do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. Anais do 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Campo Grande: EMBRAPA/INPE, p.126-135, 11-15 novembro.

ROSS, J.L.S. – Geomorfologia: ambiente e planejamento. São Paulo: Ed. Contexto, 1991.

SAKAMOTO, A . Y. ; QUEIROZ NETO, J.P.; FERNANDES, E. & LUCATI, H.M. - Topografia de lagoas salinas e seus entornos no Pantanal da Nhecolândia, MS. Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio -econômicos do Pantanal: Manejo e conservação. EMBRAPA/CPAP/UFMS, Corumbá, 1996.

SAKAMOTO, A. Y., FERNANDES, E., QUEIROZ NETO, J. P. de LUCATI, H. M., CAPELLARI, B. - Configuração e Dinâmica Hidrológica do Pantanal da Nhecolândia - MS. Anais: Simpósio de Geografia Física Aplicada. Curitiba-PR, outubro, 1997.

SAKAMOTO, A., QUEIROZ NETO, J.P. de, FERNANDES, E., LUCATI, H., CAPELLARI, B. - Topografia de lagoas salinas e seus entornos no Pantanal da Nhecolândia (MS). II Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação, EMBRAPA-CPAP/Corumbá,1996.

SAKAMOTO, Y. A - Dinâmica hídrica em uma lagoa “salina” e seu entorno no Pantanal da Nhecolândia: contribuição ao estudo das relações entre o meio físico e a ocupação, Fazenda São Miguel do Firme, MS. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/ Universidade de São Paulo, São Paulo. (Tese de Doutorado), 1997.

SÁNCHEZ, R. O. - Las unidades geomórficas del Pantanal y sus connotaciones bio-pedoclimáticas. EDIBAP. Programa de desarrollo Regional de la O. E. A., 1977 a.

SÁNCHEZ, R. O. - Estudio fluviomorfológico del Pantanal (Regionalización, subregionalización y sectorización geográfica de la Depresión de la Alta Cuenca del río Paraguai. EDIBAP. Programa de desarrollo Regional de la O. E. A.,1977 b.

SEPLAN - Cartas Temáticas do Mato Grosso do Sul da Secretária de Planejamento e Coordenação Geral, Secretaria de Planejamento-MS, na escala 1:250.000 , 1987.

SHIRAIWA, S., USSAMI, N., DOMINGUEZ, J. M. L.- Basement reactivation in a sub-Andean foreland flexural bulge: The Pantanal wetland, SW Brazil. *Tectonics*, 18:25-39, 1999.

SHIRAIWA, S. & USSAMI, N. - A influência dos Andes na origem do Pantanal Mato-grossense: um modelo mecânico vinculado a dados gravimétricos. In: 2ª Reunião Especial da SBPC. Cuiabá, MT. UFMT/SBPC, 247p., 1995.

SIGG, L. ; BEHRA P. & STUMM, W. – Chimie des milieux aquatiques; chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. Ed. Dunod, 3ª ed., Paris, 2000.

SÍGOLO, J.B., ALMEIDA, T.I.R., FERNANDES, E. – Evolução do potencial hidrogeniônico das lagoas da Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia – MS. Proposta de um modelo geoquímico. Belém: IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, 02 a 09 de novembro, livro de resumo expandido, p. 362-364, 2003.

SÍGOLO, J.B., ALMEIDA, T.I.R., FERNANDES, E. – Evolução geoquímica de lagoas hiperalcalinas da Baixa Nhecolândia, MS. Araxá: XLII Congresso Brasileiro de Geologia, outubro, livro de resumo expandido, 2004

SILVA, T.C. da - Contribuição da geomorfologia para o conhecimento e valorização do Pantanal. Anais do I Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, EMBRAPA/ CPAP/ UFMS, p. 77-90, Corumbá, 1984.

SOARES, A. P., SOARES, P.C., ASSINE, M.L. – Areias e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática? São Paulo: Revista Brasileira de Geociências 33(2):211-224, junho 2003.

SOARES, P.C., RABELO, L., ASSINE, M.L. - The Pantanal Basin: recent tectonics, relationship to the Transbrasiliano Lineament. In: Proceedings of the Ninth Simposio Brasileiro Sensoriamento Remoto. INPE, Santos, p. 1–11, 1998.

SORIANO, B.M.A.; GALDINO, S. - Análise das Condições Climáticas em 2000 na Sub-Região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Corumbá: Embrapa Pantanal, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30, 33p., 2002.

STITES, J., WESSELS, D., UHL, A., EGELHOFF, T., SHUTT, D., e SOLL, D. R. - . Phosphorylation of the Dictyostelium myosin II heavy chain is necessary for maintaining cellular polarity and suppressing turning during chemotaxis. Cell Motility and the Cytoskeleton, 39:31-51, 1998.

SUGUIO, K. – Introdução à sedimentologia. São Paulo: Ed. Edgard Blücher/ EDUSP, 1973.

TARIFA, J.R. - O sistema climático do Pantanal: da compreensão do sistema à definição de prioridades de pesquisa climatológica. In 1º Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. Anais. EMBRAPA, Brasília, 1986.

TEIXEIRA A. L E CHRISTOFOLETI A. – Sistemas de Informação Geográfica - Dicionário Ilustrado – São Paulo : Hicitec, 1997.

THOMAS , M.F. & THORP, M.B. – Geomorphic response to rapid climatic and hydrology change during the late pleistocene and early Holocene in the humid and sub-humid tropics. *In* : Quaternary Science Reviews, Elsevier Science Ltd., Vol. 14, pp. 193-207, Great Britain, 1995.

THOMAS, M. F. – Geomorphology in the tropics. John Wiley, Chichester, 460pp., 1994.

TRICART, J. - Le Pantanal (Brésil) etude écogéographique. Travaux et Documentos de Géographie Tropicale. CEGET, n.52, Bordeaux.

TRICART, J. ; PAGNEY, P. ; FRÉCAUT, R. (1984) - Le Pantanal (Brésil) etude écogéographique. Travaux et Documentos de Géographie Tropicale. CEGET, n.52, p. 1- 92, 1984.

TRICART, J. Principes et Méthodes de la Géomorphologie. Paris: Masson, 1965.

TROLL, C.. Landscape ecology (geo-ecology) and biogeocenology: a terminological study. *Geoforum* 8: 43-46, 1971.

TURNER M.G..- Landscape ecology : the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematic* 20: 171-197, 1989.

USSAMI, N., SHIRAIWA, S., DOMINGUEZ, J.M.L., - Basement reactivation in a sub-Andean foreland flexural bulge: the Pantanal wetland, SW Brazil. *Tectonics* 18 (1), p.25–39, 1999.

VALLÈS, V. - Modélisation des transferts d'eau et de sel dans un sol argileux application au calcul des doses d'irrigation. *Sci. Géol., Mém.*, 79, 148 p, 1987.

VALLÈS, V., L. AUQUE , AND P. LOPEZ.-. Proposal to extend Debye-Hückel's law to hyper-concentrated solutions, with application to the brines of the Chott El Jerid (Tunisia) and the salties playas of Aragon (Spain). Submitted for publication *Chemical Geology*, 2000.

VALLÈS, V., L. BARBIÉRO, AND O. RIBOLZI - Residual alkalinity. A tracer of great use for hydrochemical studies. Review and perspectives. Submitted for publication *Applied Geochemistry*, 2000.

VALVERDE, O. - Fundamentos geográficos do planejamento rural do município de Corumbá. *Revista Brasileira de Geografia*, 34(1): 49-144, R.J., 1972.

WILHELMY, M. – Das Grosse Pantanal. *Die weltumschau* 18:555-559, 1958.

ZANI, H.; ASSINE, M.L.; ARAÚJO, B.C.; MERINO, E.R.; SILVA, A.; FANCICANI, E. M. – Lobos deposicionais na evolução do megaleque do rio Taquari, Pantanal Matogrossense. Anais do 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 11-15 novembro, p.285-292, 2006.

ANEXO 1

**Tabela de lagoas classificadas em quadrantes por medidas de pH e CE,
conforme gráfico 14.**

QUADRANTE 1			CE < 750 mS.cm ⁻¹	pH < 7
Cód. Lagoa	Coord.	UTM		
nh31p1	542681	7901172	444	5,51
nh37p1	540414	7900813	175	5,85
nh14p1	538366	7900004	226	5,90
sj11p1	542697	7875862	460	5,9
pm01s1	475812	7870100	37	5,91
sj2p1	544486	7877661	91	6,06
nh58p1	539861	7900451	184	6,06
nh45p1	540660	7898140	307	6,07
nh30p1	542292	7901583	362	6,10
nh26p1	541605	7902805	81	6,16
L4	544315	7847069	165	6,2
nh48p1	535625	7895794	336	6,20
nh7p1	536236	7899702	510	6,23
nh5p1	535274	7899288	249	6,25
sj16p1	542419	7877666	400	6,27
cd7p1	532507	7907215	653	6,33
sj29p1	547930	7886500	30	6,35
nh38p1	541800	7900900	289	6,37
nh32p1	541893	7901153	534	6,37
nh10p1	537787	7899607	709	6,38
nh56p1	535766	7898144	166	6,39
nh8p1	537098	7899887	237	6,39
sj15p1	549457	7885018	247	6,4
sj25p1	540512	7883800	81	6,41
nh22p1	541032	7902559	295	6,41
sj12p1	542745	7875545	535	6,47
nh27p1	541562	7902341	117	6,48
nh28p1	541781	7902126	161	6,50

nh23p1	540763	7902516	372	6,51
nh29p1	541443	7901866	666	6,55
nh47p1	536120	7895790	514	6,56
nh46p1	539490	7897567	393	6,60
nh40p1	541160	7899800	512	6,61
cd2s1	531154	7905559	81	6,62
cd2s1	531154	7905559	81	6,62
sl4p1	555900	7888015	83	6,62
nh6p1	535561	7899064	300	6,63
nh3p1	535170	7900185	409	6,65
nh11p1	538119	7899536	487	6,65
nh12p1	539129	7900143	736	6,67
nh42p1	542055	7899376	204	6,68
sj14s1	541271	7876412	320	6,68
nh52p1	537330	7897545	382	6,68
nh44p1	540780	7899520	394	6,68
nh2p1	535752	7900080	235	6,69
nh4p1	534748	7900016	99	6,70
cd8p1	532115	7907488	620	6,73
nh53p1	536950	7896740	455	6,74
nh50p1	536990	7897313	737	6,74
nh21p1	540844	7901888	678	6,79
ep01s1	494169	7867763	38	6,8
sl2p1	553626	7886270	233	6,84
nh49p1	537450	7896530	375	6,88
sj30s1	544010	7871380	109	6,93
cl02s1	495187	7871263	203	6,95
cl03s1	494025	7870476	110	6,97

QUADRANTE 2			CE < 750 mS.cm ⁻¹	pH > 7
Cód. Lagoa	Coord.	UTM		
fm24s1	504194	7869127	245	7,01
nh43p1	542752	7899850	177	7,02
sj17p1	543605	7878026	662	7,06
cl01s1	493524	7871444	57	7,1
sl1s1	553000	7888380	98	7,1
fm23s1	504989	7869233	231	7,13
cd1p1	531954	7902716	312	7,13
fm15s1	506982	7879346	154	7,14
si04s1	501772	7875355	232	7,2
fm20s1	507123	7871828	160	7,27
sl4s1	555900	7888015	391	7,27
fm22s1	507803	7869389	334	7,43
fm10s1	505118	7880610	443	7,48
sj6s1	543571	7877552	319	7,5

nh39s1	541762	7899894	610	7,64
sj10s1	542995	7877245	358	7,66
L7	544426	7851039	45	7,67
fm11s2	504531	7879965	338	7,71
fm19s1	505395	7873524	410	7,74
pa01s1	550486	7910172	29	7,8
L5	545983	7845812	120	7,83
sj20s1	542009	7882253	616	7,87
nh61s1	546339	7902784	537	7,88
rm01s1	498110	7835360	163	7,89
nh60s1	543174	7902353	421	7,9
fm06s1	504506	7874678	588	7,97
pa02s1	549764	7909577	95	8,33
fm03s1	506207	7875677	505	8,57
cd6s1	529826	7906682	622	8,85
fm21s1	501039	7869707	702	9,56

cd4s1	531086	7907718	274	10,21
-------	--------	---------	-----	-------

QUADRANTE 3			CE > 750 mS.cm ⁻¹	pH < 7
Cód. Lagoas	Coord.	UTM		
sj26p1	540252	7883501	1640	6,1
nh18p1	537434	7901392	756	6,13
nh33p1	541067	7900690	774	6,18
nh57p1	535852	7896928	1104	6,40
nh55p1	538227	7898685	1104	6,44
nh34p1	538312	7901926	1885	6,54
sj28p1	540092	7889115	779	6,55
nh17p1	536937	7900892	888	6,55

nh16p1	537664	7900567	1186	6,63
nh41p1	541530	7899284	1505	6,66
nh15p1	538262	7900739	1684	6,68
cd3p1	531169	7906803	1190	6,69
nh9p1	536597	7899329	1614	6,70
sj3p1	544934	7878190	959	6,71
cd9p1	532420	7907692	754	6,72
nh13p1	538548	7899864	1092	6,83
sj22s1	540281	7883944	931	6,9
nh24p1	540414	7904023	1421	6,96

QUADRANTE 4			CE > 750 mS.cm ⁻¹	pH > 7
Cód. Lagoas	Coord.	UTM		
nh25p1	541282	7902846	883	7,07
sj1p1	544280	7877433	1410	7,13
sj4p1	544285	7876311	2160	7,26
sj12s1	543095	7875288	1260	7,28
nh51p1	537210	7897070	1588	7,31
nh54p1	536670	7896980	1462	7,38
fm25s1	501684	7869431	898	7,45
sj27p1	539751	7888319	3260	7,52
fm05p1	504709	7874356	9740	7,67
fm18s1	507402	7875959	1050	7,82
fm04s1	499247	7870189	1187	7,97
nh1p1	535714	7901112	7140	8,02
nh20p1	536913	7902665	1300	8,04
si04p3	501772	7875355	12530	8,09
sj4p1	544912	7876798	1680	8,16
fm02s1	498605	7871653	816	8,26
sj23p1	539878	7883488	1233	8,4
sj13p1	541354	7874911	3300	8,4
sj5p1	544309	7876071	1250	8,47
fm07s1	504810	7875227	1301	8,47
si02s1	500759	7876021	1604	8,54
si02s1	500759	7876021	1604	8,54
sj7s1	541588	7881665	767	8,64
fm09s1	505376	7882385	1322	8,77
sj17s1	543605	7878026	2620	8,84
si08p3	502807	7873823	8450	9,19
sl1p1	553000	7888380	5540	9,22
si05p3	503755	7875256	21800	9,24
sj21p1	542317	7885458	3890	9,25

cd5s1	530642	7907338	3130	9,32
si08s1	502807	7873823	2111	9,37
si06s1	502325	7877656	2550	9,43
si06s1	502325	7877656	2550	9,43
fm08s1	504564	7880933	2140	9,49
si07s1	502439	7875301	1376	9,51
si07s1	502439	7875301	1376	9,51
si03s1	501627	7876485	1764	9,58
si03s1	501627	7876485	1764	9,58
nh19s1	537201	7901889	13020	9,59
nh36s1	539894	7903541	68100	9,68
pa03s1	549377	7903106	3952	9,7
fm01s1	499548	7871679	4621	9,75
nd	546432	7858000	2740	9,89
fm05s1	504709	7874356	6270	9,9
L2	546419	7858332	21100	9,98
si05s2	503668	7875480	4960	10,09
L3	544771	7853919	33900	10,1
fm14s1	505879	7876281	8150	10,19
fm12s1	504153	7879761	10710	10,29
si1s1	502047	7876356	4560	10,32
si01S1	502047	7876356	4560	10,32