

AREIAIS E LAGOAS DO PANTANAL, BRASIL: HERANÇA PALEOCLIMÁTICA?

ANA PAULA SOARES¹, PAULO CESAR SOARES² & MARIO LUIS ASSINE³

Abstract SANDS AND PANS IN THE PANTANAL, BRASIL: PALEOCLIMATIC HERITAGE? The Pantanal basin, in the central-western South America, presents many surprising features such as the giant Taquari alluvial fan; the great number of ponds, many of them with alkaline brine waters, mainly in the southwest part of the Taquari fan; the countless fossil geomorphic features preserved in the surface of the fan. A mantle of white sands is associated with these features extending to the adjacent source areas. The main doubts that these characteristics pose may be summarized in one question: would the Taquari and other fans be a sedimentary construction of the current semi-humid climate, or would it represent one geohistoric moment of a semi-arid climate? In this case, the unstability of these constructions may be meaningful and relevant to environmental occupation and management. Several researchers have already investigated some aspects, such as geomorphic characteristic in radar images, grain size distributions properties, current sediment dynamics etc., lasting without answer the central subject on the recent past dynamics. The characterization of the geomorphic features in aerial panchromatic photographs, Landsat images, with field support, comparatively to radar images, allowed a progress in its characterization. The sediment properties associated with these geomorphic features as well as to correlative deposits in the source area, brought a new understanding of its paleoenvironmental meaning. Dating of coal fragments and shells by C14 method helped historical development. The white sands, generalized at the Pantanal, is typical of the last pre-current event of sedimentation; frequently show granulometric characteristic of eolic deposition although the analysis of geoforms does not allow the recognition of dunes. An important characteristic is the textural inversion, evidencing the mixture of population with different inherited attributes from the source area. However, the mixture of population does not explain the characteristics of distribution such as very selective grain size. For its time, the several types of ponds, incorporate an older group of selected features: deflation hollows, later flooded, forming salted pans, surrounded by eolian constructions (lunetes, spurs) and small terraced ridges ("cordilheiras"). These constructions are made up of white fine sands, with good sorting, that represent a testimony of eolian action. The remobilization of these sands previously worked, had been done by hidrologic flows in braided channels or in sheet floods, where the sediments were dispersed by crevasses and avulsion lobes, interfingering in the previous landscape, destroying it partially and building the lobes of the Taquari fan. The mantle of eolian white sands, that covers red paleolatosols, either in the Taquari fan or in the adjacent areas, is interpreted as the record of an arid and cold paleoclimate, contemporary to the last glacial event in terminal Pleistocene. The eolian forms are relicts and they are largely obliterated by the restoration of alluvial fan systems. Because of high sedimentary charge due to the change in the pluviometric regime, the construction of depositional lobes was dominated by alluvial processes (braided channels, crevasses, avulsion lobes and sheet flows). This event, attributed to the climatic changes in the beginning of Holocene, has caused elevation of the regional phreatic level and formation of ponds in the remaining depressions of eolian deflation due to its isolation their waters became progressively brine. Great part of this landscape is progressively being destroyed by the current processes of tributary drainage ("vazantes"), established on the old lobes with partial reutilization of the previous distributary channel valleys.

Keywords: Pantanal, environmental changes, sands and pans, Holocene, Pleistocene

Resumo A bacia do Pantanal Mato-Grossense, no centro-oeste do Brasil, apresenta muitas feições surpreendentes, como o domínio de sedimentação através de grandes leques aluviais. Dentre estes, destaca-se o leque aluvial do Taquari, tanto por suas dimensões e construção por sucessivos lobos, quanto pelo grande número de lagoas, muitas com águas salobras (alcalinas), que se concentram na parte sudoeste do leque numa área conhecida como Baixa Nhecolândia. Inúmeras feições geomórficas fósseis estão preservadas em sua superfície, levantando a seguinte questão: seria o leque do Taquari uma construção sedimentar do clima semi-úmido atual ou representaria um momento geohistórico de um paleoclima semi-árido? Neste caso a instabilidade destas construções pode ser significativa e relevante para a ocupação e gestão ambiental. A análise das feições geomórficas em fotografias aéreas pancromáticas e em imagens Landsat, com apoio de campo e análises laboratoriais permitiu um avanço na sua caracterização, comparativamente aos resultados obtidos anteriormente através da análise de imagens de radar. A amostragem e descrição dos sedimentos associados a estas feições geomórficas, bem como de depósitos correlativos na área-fonte, incluindo datações de concha e de restos vegetais carbonizados, trouxe uma nova compreensão da evolução paleoambiental e paleoclimática. Grande parte do leque do Taquari é coberto por areias brancas finas a médias que apresentam inversão textural, evidenciando mistura de populações da área-fonte com diferentes atributos, mas a similaridade das distribuições granulométricas em uma extensa área pressupõe a atuação de um agente de transporte e deposição muito seletivo na superfície do leque. Características como a presença de areias finas a médias, com bimodalidade, baixo

1 - UFPR/Bolsista CNPq (anterior); IG-UFRGS/PPG Estratigrafia (atual), Av. Bento Gonçalves, 9500 – Campus do Vale – 91.540 Porto Alegre, (a_p_soares@yahoo.com)

2 - UFPR/Programa de Pós-Graduação em Geologia. Rua Camões, 1339 – 80.040-180 Curitiba-PR (soares@geologia.ufpr.br)

3 - UNESP/Departamento de Geologia Aplicada. IGCE-UNESP – Rua 10, 2527. 13.500-230. Rio Claro-SP (assine@rc.unesp.br)

desvio padrão e ausência de fração fina, são sugestivas de deposição eólica. Embora não tenham sido reconhecidas dunas, há feições de origem eólica, tais como depressões de deflação com construções eólicas associadas (lunetes, esporões), separadas por elevações ("cordilheiras") constituídas por areias brancas, finas e bem selecionadas, cuja assimetria indica ventos oriundos predominantemente do norte. O manto de areias eólicas brancas, que recobre paleolatosolos vermelhos, tanto no leque do Taquari quanto nas áreas adjacentes, é interpretado como registro de um paleoclima árido e frio, contemporâneo ao último evento glacial no Pleistoceno terminal. As formas eólicas são reliquias e encontram-se em grande parte obliteradas pelo restabelecimento de sistemas aluviais ativos no leque do Taquari. Com elevado afluxo sedimentar devido à mudança no regime pluviométrico procedeu-se a construção de lobos deposicionais dominados por processos aluviais (canais entrelaçados, crevasses, lobos de avulsão e fluxos em lençol). Este evento, atribuído às mudanças climáticas no início do Holoceno, causou elevação do nível freático regional e formação de lagoas nas depressões de deflação eólica remanescentes, que devido ao seu isolamento se tornaram progressivamente salobras. Grande parte desta paisagem vem sendo progressivamente destruída pelos processos atuais de drenagem tributária ("vazantes"), estabelecida sobre os antigos lobos com reaproveitamento parcial dos leitos dos canais distributários.

Palavras-chave: Pantanal, areias eólicas, lagoas, Holoceno, Pleistoceno

INTRODUÇÃO O Pantanal Mato-Grossense, localizado no extremo centro-oeste do Brasil, faz parte de um largo cinturão norte-sul de sedimentos cenozóicos depositados em planícies fluviais, leques aluviais gigantes, lagoas e até campos de dunas, com suprimento sedimentar predominante a partir da Cordilheira Andina, hoje coberto por vegetação herbácea de campos e cerrados. É uma extensa planície aluvial, com cerca de 200.000km², situada na Bacia do Alto Paraguai (Fig. 1), caracterizada pela presença de grandes leques aluviais. Dentre eles, destaca-se o imenso leque aluvial do rio Taquari (Braun 1977, Soares *et al.* 1978, Tricart 1982, Soares *et al.* 1996, Assine & Soares 1998 e 2000), que tem suprimento sedimentar a partir do Planalto Ocidental Brasileiro (serra de Maracaju).

Diversos trabalhos recentes abordam a dinâmica sedimentar no leque aluvial do Taquari, evidenciando evolução através de construção e abandono de lobos (Assine *et al.* 1997, Soares *et al.* 1998) e a influência da tectônica nas formas construtivas e organização da drenagem. A quantificação do potencial de erosão e da efetiva liberação dos sedimentos na área-fonte (Paranhos, 2000; Kosiac, 2000) e o seu transporte e deposição ao longo do Rio Taquari (Padovani *et al.* 1998) têm permitido compreender melhor os processos associados ao assoreamento do rio Taquari e às formas de descarga e avulsão no lobo do Taquari Novo. A caracterização fisiográfica e hidrológica das cordilheiras, baias-salinas e vazantes (Fernandes *et al.* 1999) têm também, em muito, contribuído para conhecer melhor o sistema pantaneiro.

Três feições inesperadas na planície do Pantanal, sobre o leque do Taquari, deram, ao longo dos anos, suporte à hipótese de atuação de processos eólicos, o que tem servido de base a formulações com certo impacto na literatura internacional (Claperton 1993, Ochsenius 1997a,b): 1) existência de lençóis de areia com características granulométricas (bimodalidade) indicadoras de deposição eólica (Almeida, 1945); 2) existência de lagoas de água salobra ("salinas"), descritas por Cunha (1943) e interpretadas como baixios de deflação eólica (Tricart 1982, Clapperton 1993); 3) identificação de amplas zonas com feições lineares em imagens de radar do Projeto Radam-Brasil, interpretadas como dunas e campo de dunas (Klammer, 1982).

A grande atração exercida pela hipótese de atividade eólica se deve ao fato de que nos modelos atuais de circulação atmosférica e clima, a última glaciação, com máximo glacial há cerca de 13 mil anos, representou uma fase de grande aridez climática, especialmente nas baixas latitudes, afetando quase toda a América do Sul. As evidências deste fato se acumulam em grande velocidade, especialmente com estudos palinológicos de depósitos do final do

Pleistoceno e do Holoceno (ver p. ex. Ledru *et al.* 1996 e Ledru 1993) e que estendem eventos de grande aridez até 7-6 mil anos antes do presente. É interessante notar que alguns autores têm descoberto indicadores de grandes incêndios naturais, nesta faixa de idade, pela presença de carvões vegetais no meio dos sedimentos datados por ¹⁴C tanto na Amazônia (Cordeiro *et al.*, 1997) como no sudeste do Brasil (Melo 1995).

A importância científica dada a estas descobertas, revelada pela própria designação de "Deserto do Pantanal" dada a este paleoambiente regional por Ochsenius (1997a), está no foco das atenções nos estudos de mudanças globais, um dos temas de grande interesse da comunidade científica.

Por outro lado, a grande importância prática desta hipótese reside no fato de se descobrir mais um indicador da altíssima fragilidade deste sistema natural que é o Pantanal: se a aridez climática, ao destruir a vegetação e rebaixar o nível freático, torna as areias mobilizáveis pelo vento - o fenômeno de desertificação - o mesmo ocorreria com a retirada antrópica da vegetação tipo cerrado que tem protegido estes lençóis alongados de areia e o rebaixamento do nível de base pela dragagem do leito dos rios. Deve ser considerado que a ocupação extensiva do Pantanal nos últimos 15 anos retirou grande parte desta vegetação, substituindo-a por pastagens.

A despeito da importância assumida pela questão das dunas, depressões de deflação, areias bimodais inconsolidadas, e suas implicações no "Deserto do Pantanal", é importante salientar que são uma leitura de fatos sem maiores indicadores de campo. Por exemplo, um exame preliminar em campo e com imagens de Satélite (Landsat TM) e fotografias aéreas (1:60.000), em locais indicados por Klammer (1982), não confirmou a existência de feições dunares. De outra parte, embora as baias sejam certamente paleoformas, diversas lagoas e baias mostram uma organização em rosário típica de remanescentes de antigos canais e não de planícies de deflação. Por último, a bimodalidade pode ser uma feição herdada da área-fonte e não uma característica adquirida no Pantanal, tal como já suspeitou Almeida (1945), pois no planalto ocorrem arenitos eólicos finos a médios, bimodais, da formação Botucatu, bem como areias grossas da Formação Furnas.

Os trabalhos realizados permitiram verificar que grande parte da planície do Pantanal é coberta por lençóis de areias brancas inconsolidadas. Mais que isso, que a extensão destes lençóis de areias brancas cobrem também formas pedimentares, rampas e terraços desenvolvidos nas chapadas e vales do planalto, na área-fonte do leque do Taquari, onde foram encontrados níveis de carvão vegetal alóctone (Soares *et al.* 2000).

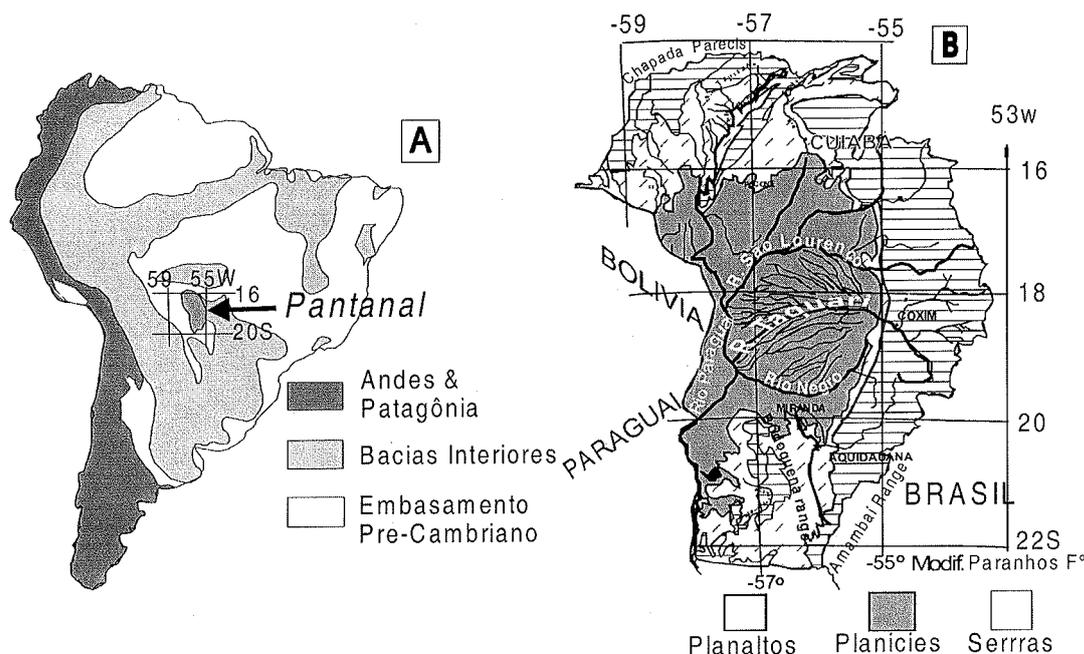


Figura 1 - Localização da Bacia do Pantanal na parte central da América do Sul relativamente a outras bacias sedimentares fanerozóicas (A) e contexto geomórfico regional na Bacia do Alto Paraguai (B). A Bacia do Pantanal ocupa aproximadamente a área da planície, com forma alongada NS.

Diante deste quadro, foram buscadas evidências mais concretas, ou indicadores relevantes, mensuráveis, repetíveis e comparáveis, que permitissem um diagnóstico confiável, da atividade eólica como importante formadora da paisagem remanescente do Pantanal. Estas feições podem constituir bons indicadores de mudanças geoambientais na concepção de Elliot (1996) e contribuir de forma importante para a compreensão da dinâmica geoambiental do Pantanal. Os trabalhos foram concentrados na análise das feições geomórficas remanescentes e nas características granulométricas e morfoscópicas de seus sedimentos e formações superficiais.

Algumas feições geomórficas, por seu significado incomum na paisagem, foram escolhidas para investigação detalhada tanto em campo como em fotografias aéreas e imagens de satélite. Na área do planalto, as primeiras feições destacadas foram as rampas de colúvio cobertas de areia branca. Uma segunda feição investigada já havia sido anteriormente identificada com franja de pedimentos. Na área da planície, as cristas, as depressões alongadas e as lagoas e vazantes foram também investigadas, tanto pelos sedimentos que as compõem como pela organização que apresentam.

Em imagens de satélite (Landsat, 1993) e fotografias aéreas na escala 1:60.000 (USAF, 1967) foram identificadas na área do planalto feições tipo rampas de colúvio em encostas elevadas, terraços e pedimentos com delgada cobertura formada por depósitos de areias brancas recobrendo latossolos avermelhados, localmente de fácil identificação (Fig. 3). Em campo foram feitos levantamentos com a caracterização de perfis das formações superficiais e amostrados locais típicos (Fig. 4). A planície do leque é o objeto de estudo cujos resultados são aqui descritos e interpretados.

CRISTAS DE AREIA E DEPRESSÕES NO LEQUE DO TAQUARI

A partir de uma investigação regional previamente

desenvolvida com imagens Landsat e NOAA e levantamentos de campo, no leque aluvial do Taquari e suas áreas fontes, foram escolhidas três áreas para esta investigação (Fig. 2): 1) no planalto, a leste do Pantanal, especialmente na bacia do rio Coxim e nos pedimentos transicionais; 2) na parte superior do leque, tendo em vista o maior desenvolvimento dos areais formados por areias limpas, soltas com inúmeras feições geomórficas remanescentes; 3) na parte inferior do leque, região de Baixa Nhecolândia, caracterizada por uma população imensa de baías e lagoas, com supostos campos de dunas.

Cristas e depressões no leque aluvial Na planície superior do leque, especialmente na Alta Nhecolândia, fotografias aéreas e imagens de satélite mostram claramente feições geomórficas indicativas dos mecanismos formadores das cristas (“cordilheiras”) e depressões (baixios, “vazantes”) também cobertas por areias brancas (Fig. 3). Observações de campo tanto no lobo Sul como lobo Norte do rio Taquari auxiliaram na caracterização destas feições e de sua constituição sedimentar. Entretanto não forneceram informações adicionais sobre indicadores dos processos formadores, como estruturas sedimentares ou mesmo algum variação litológica típica. Amostras foram obtidas tanto nas cordilheiras como nas vazantes para análises granulométricas e morfoscópicas.

As cordilheiras constituem feições elevadas, cerca de 1 m acima do nível de inundação máxima, com topo relativamente plano, cobertas por vegetação tipo cerradão, formadas por areia fina, solta, e sem estruturas. Nelas há inúmeras elevações arredondadas de até 0,5 m de altura (murunduns), representando construções fósseis de térmitas, o que provavelmente explique a ausência de preservação de estruturas. A sinuosidade das formas e o arranjo lembram diques marginais de canais entrelaçados sinuosos. As depressões apresentam-se como formas amplas, abertas com de-

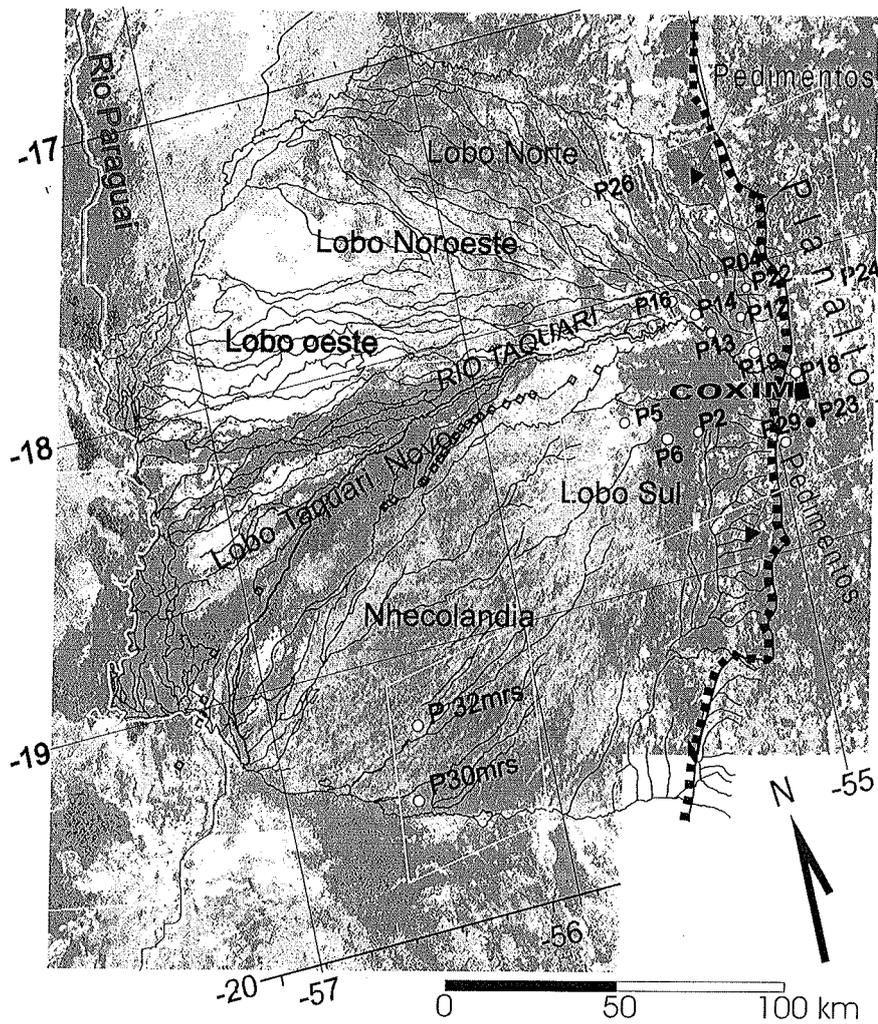


Figura 2 – Mosaico de imagens Landsat do período seco (outubro-novembro de 1993), mostrando o Leque aluvial do Taquari e a zona serrana vizinha, com indicação dos locais trabalhados. A escarpa das serras de Maracaju (sul de Coxim) e São Jerônimo (norte de Coxim) limita o leque do Taquari da área do Planalto. No sopé da escarpa ocorrem rampas de pedimentos.

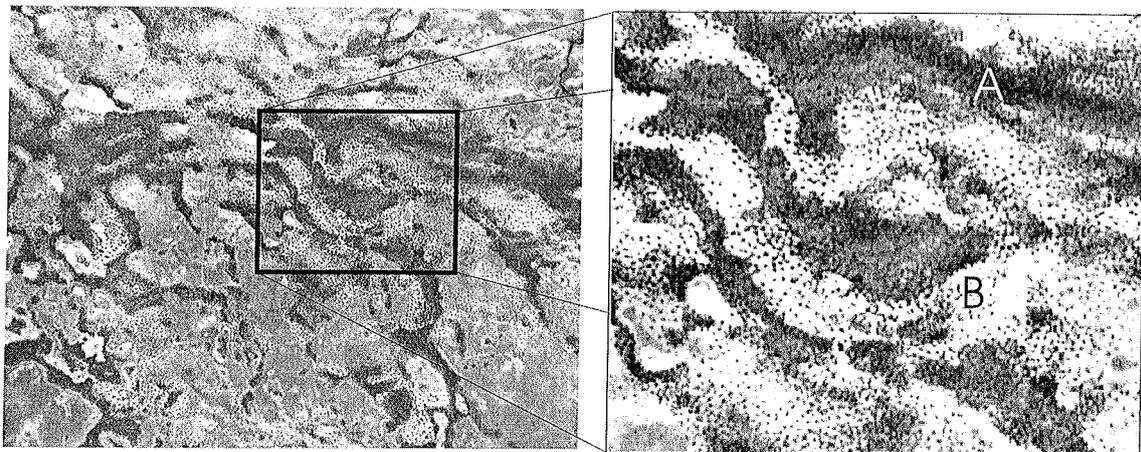


Figura 3 – Feições geomórficas em forma de cristas e depressões sinuosas vistas em fotografias aéreas pancromáticas (USAF, 1965), na planície superior do leque do Taquari, lobo Sul (proximidade do ponto P 5). As elevações têm topo plano, estão cerca de 1 a 2 m acima do nível máximo de inundação e tem vegetação arbórea. As depressões tem 1 a 3 m de desnível e são cobertas por campo. Na transição ocorre vegetação arbórea (A) e campo (B).

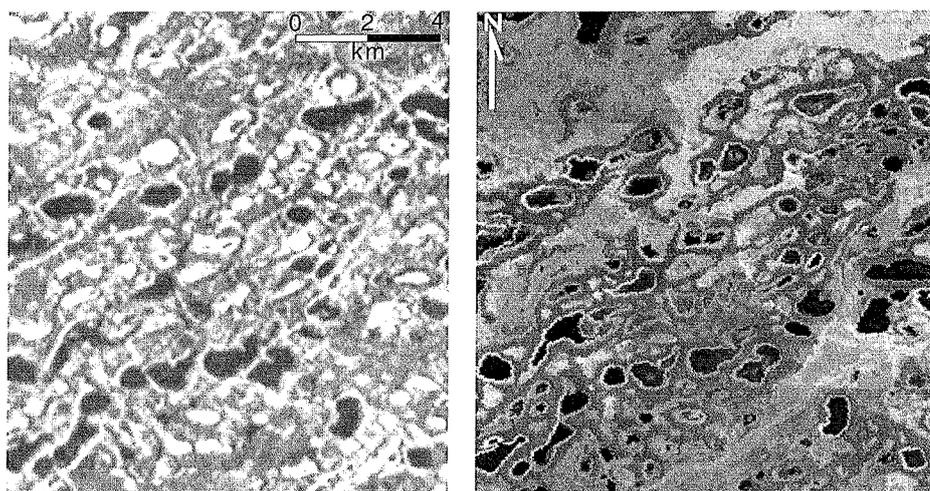


Figura 4 - Comparação entre as feições observadas em imagem de radar (E) e de satélite (D), na área da Baixada Nhecolândia. Feições lineares NW foram interpretadas como dunas por Klammer (1982); na imagem Landsat discriminam-se bem as lagoas límpidas, isoladas (pretas) as conectadas e as assoreadas, bordejadas por praias arenosas e cristas, compondo uma unidade de paisagem típica. Areiais em cordões largos, planos, sinuosos, isolam esta unidade, representado canais distributários, crevassas e lobos de avulsão do lobo aluvial superposto (lobo Sul).

cheias transformam-se em lagoas (baías) ou zonas de escoamento superficial, sendo então conhecidas como vazantes. Seu leito é formado por areia fina a média, sobreposta a um leito de areia cimentada por limonita, em alguns casos formando uma crosta laterítica, que serve como material de construção. Abaixo da crosta laterítica, as areias são acastanhadas e as águas produzidas em poços apresentam cor castanha e alto teor em ferro.

Cristas e depressões na área da baixa Nhecolândia Na área da Baixada Nhecolândia a investigação concentrou-se nas lagoas e nas cristas e depressões associadas, buscando-se relações espaciais e de forma que pudessem fornecer indicadores paleoambientais. Inicialmente foram analisados trechos da imagem de radar na área onde Klammer (1982) relata ter identificado campos de dunas. A investigação prosseguiu com a composição e análise de imagens de Landsat 5 (canais 2, 3, 4, 5 e 7), georeferenciadas com base na carta 1:100.000 do IBGE (Folha de São Roque) e investigadas com classificação de todos os elementos morfológicos e espectrais formadores das paisagem e seu arranjo em zonas homólogas na forma de unidades de paisagem diferenciadas. A análise avançou com fotografias aéreas (USAF 1965), também georeferenciadas, nas quais a percepção tridimensional e com melhor resolução permitiu obter informações e detalhes mais seguros sobre os elementos geomórficos.

Trabalhos de campo foram realizados em pequena parte sul da área indicada, com descrição das feições e sedimentos, medidas de nível do freático, amostragem de sedimentos e coleta de amostras de água para análise, obtenção de testemunhos locais e informações de forma a identificar o caráter salino ou salobro de lagoas e suas eventuais conexões.

Nas fotografias aéreas foram identificadas e classificadas geoformas atuais e paleoformas, conforme Popolizio (1997), agrupando-as em zonas homólogas, ou seja, zonas onde os mesmos elementos se repetem com organização semelhante. As imagens digitais do Landsat 5 (INPE) foram processadas de forma a ressaltar os diversos tipos de lagoas, os areiais secos e as zonas úmidas.

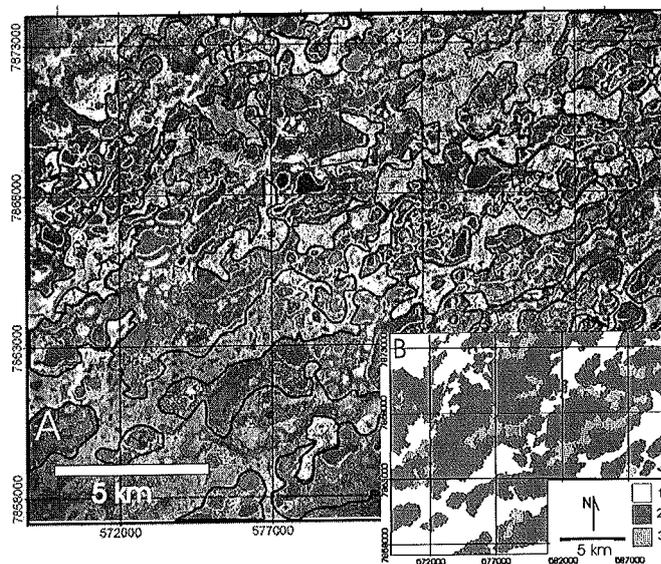


Figura 5 - Mosaico controlado de aerofotos (USAF, fotos 42049, 42794 e 42795) com traçado das zonas homólogas (A) e sua interpretação no Mapa (B): 1 - unidade dos areiais úmidos, baixios; 2 - unidade das lagoas e cordilheiras (cristas); 3 - unidade dos areiais planos secos (lençóis arenosos). Coordenadas UTM, metros, MC=57WG)

A imagem de radar em papel fotográfico (folha SE.21-Z-C, Radambrasil 1976) foi rasterizada e processada apenas com ajuste de contraste e tonalidade, para fins de identificação das feições descritas por Klammer (1982) e comparação com os outros tipos de imagem (Figs. 4 e 5). A análise da imagem de radar mostra as feições tonais interpretadas por Klammer (1982) como dunas orientadas para NW; entretanto, não se confirmaram nas imagens de

satélite, fotos aéreas, ou campo.

Quatro unidades de paisagem foram interpretadas a partir das zonas homólogas:

1) **UNIDADE DE CRISTAS E LAGOAS** – Formada por dois tipos principais de feições: a) cristas (“cordilheiras”) constituídas de areia branca, solta, recobertas por vegetação florestal tipo cerrado (savana arbórea) e b) lagoas (baías e salinas), constituídas ora de águas límpidas e isoladas, ora de águas turvas e com interconexão com a drenagem atual, ou ainda parcialmente assoreadas com auréolas de vegetação anfíbia. As lagoas apresentam praias (bordas arenosas) assimétricas, esporões e barras arenosas, cuja área ao redor destas é levemente mais elevada (2 a 3 m), onde a vegetação de grande porte ocorre como cordões nas zonas interlacustrinas. As praias e as cristas arenosas não têm morfologia de duna, mas correspondem a feições tipo “lunettes”, formadas pela atividade eólica na borda de depressões de deflação. Os sedimentos consistem de areia fina, sem matriz, bem selecionada, às vezes bimodais, porém sem estrutura visível.

As lagoas por vezes possuem vegetação anfíbia, mostrando feições anelares, que seca nas épocas de vazante, o que significa que o leito destas está acima do nível freático de estiagem. As lagoas sem vegetação anfíbia são as perenes, de leito abaixo do nível freático, em geral não têm comunicação entre si e são separadas por um terreno elevado sem forma definida (localmente como cristas que acompanham a borda das lagoas). O limite desta zona homóloga é do tipo sinuoso e interdigitado

2) **UNIDADE DE LENÇÓIS ARENOSOS** – Formada por superfícies planas, homogêneas, com areias brancas soltas, vegetação tipo cerrado aberto (savana arbustiva), campos com tufo e arbustos, com pequenas depressões fechadas e lagoas organizadas em forma de rosário ou aglomerados. As lagoas são irregulares e os canais estreitos disformes, parcialmente anastomosados e desconectados entre si e com lagoas entre eles. Possui muito pouca vegetação (até 20%).

3) **UNIDADE DE DEPRESSÕES COM CAMPO ÚMIDO** – Formada por zonas deprimidas alongadas na forma de paleovales amplos, com pequenas lagoas e depressões em forma de rosário, e canais de drenagem freqüentes. A área é úmida, inundável, com canais temporais bem marcados, muito pouca vegetação de grande porte (10%), dominando gramíneas (campina). Em algumas porções possui baixios sem água e com a margem estreita.

4) **UNIDADE DE VALES** – Formada por extensos e amplos vales com cerca de 1 a 2 m de desnível, 100 a 200 m de largura, muitas vezes incluídos na unidade de depressões com campo úmido, porém com fluxo intenso na época de cheias (“vazantes”). São formas erosivas e deposicionais, com um talvegue permanentemente com água e margens arenosas com pequenos diques marginais.

As unidades de paisagem mostram correlação com cotas topográficas obtidas por restituição. O teste efetivado, através de média, valores máximos e mínimos, mostra formas remanescentes e possível terraceamento, embora as diferenças de cotas sejam muito pequenas para percepção visual em fotos (Tabela 1).

A unidade 2, de areiais com cerrado aberto (campo sujo), pela sua forma (Fig. 5) e elevação mínima, constituem remanescentes de leques de espraiamento, ou lobos de avulsão, por entre as cordilheiras da paisagem de lagoas. As depressões alongadas, às

vezes sinuosas, cobertas por vegetação tipo campina úmida, representam paleovales escavados entre as cordilheiras, anteriores à distribuição das areias por crevassas ou lobos de avulsão.

A unidade das cordilheiras e lagoas (unidade 1) constituem a forma de paisagem mais antiga, como formas ilhadas pela escultura posterior da unidade arenosa de paleocanais (unidade 3). As vazantes (unidade 4) constituem a unidade mais jovem, resultando em parte da retomada dos paleovales da unidade 3, agora como sistema de drenagem tributária das épocas de cheia.

Muitas feições foram observadas e algumas chamaram atenção como: esporões, micro deltas nas lagoas, paleocanais formados por inúmeras depressões de aproximadamente 60m de largura, lagoas recebendo sedimento, lagoas sem conexão, lagoas secas e lagoas com vegetação anfíbia. Nota-se que as lagoas não tem um único padrão definido, podendo-se observar lagoas alongadas (com direção preferencial para NE), arredondadas e amebóides.

Duas outras feições também chamaram atenção na análise das fotos aéreas, como em campo: a presença de esporões e a assimetria das margens das lagoas, onde sempre a margem sul e sudoeste destas se encontra mais larga (Fig. 6), feições essas indicadoras de sedimentação e deflação eólicas.

Nas imagens de satélite e radar, onde também foram identificadas zonas homólogas, pode-se notar a grande influência dos canais e paleocanais na formação da nova paisagem, isolando as zonas de cristas e lagoas.

Observando as lagoas, nota-se que estas são bem diversificadas quanto à forma e à presença de água, margem, leito e vegetação anfíbia. As lagoas sem intercomunicação, que em época de estiagem permanecem com água (lagoas perenes), estão em um nível topográfico mais baixo que as demais e não apresentam vegetação anfíbia, do que se pode concluir que são abastecidas pelo lençol freático. Aquelas que permanecem cheias, mas com intercomunicação com outras lagoas e canais, são lagoas temporariamente em nível mais baixo que o da drenagem superficial, pois recebem sedimentos e nelas são construídos microdeltas (Fig. 7). O assoreamento destas lagoas faz com que seu leito se eleve acima do nível freático; sendo assim, secam em épocas de estiagem, quando então desenvolvem vegetação que se torna anfíbia e se preserva na cheia. Algumas lagoas possuem um alinhamento em forma de rosário, bem marcado para NE, e provavelmente constituem depressões formadas em antigos canais (Fig. 8).

CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS As análises granulométricas efetuadas objetivaram caracterizar e comparar as areias brancas que cobrem ou compõem diferentes unidades geomórficas. A localização das amostras consta da Tabela 2. O

Tabela 1 – Características altimétricas das unidades de paisagem na área investigada na Baixa Nhecolândia. Apesar da pequena diferença de cotas médias verifica-se a existência de terraceamento das unidades 1 (cordilheiras e lagoas: mínima de 93m) e 2 (areiais com cerrado: mínima de 92m).

Unidades de paisagem	Número de casos	Altitude média	Desvio Padrão	Min	Max
(1) Cordilheiras, lagoas e cerrado	33	96,12121	1,96465	93	100
(2) Areiais com cerrado aberto	70	96,68571	1,89234	92	100
(3) Depressões, paleocanais, campo úmido	95	95,41053	2,24791	90	100
(4) Vazantes, Paleocanais	27	96,59259	1,64689	92	99

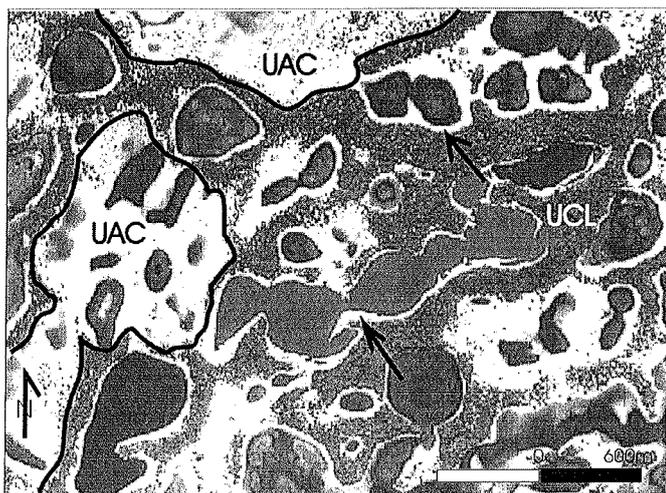


Figura 6 - Detalhe de fotografia aérea pancromática mostrando as unidades geomórficas de cordilheiras e lagoas (UCL) e a unidade de areiais com cerrado aberto (UAC). Observar a assimetria das praias (mais larga na parte sul), os esporões e barras arenosas típicos de construções eólicas por deflação (lagoas tipo "pan"), e a diferença de tonalidade das lagoas isoladas comparativamente àquelas com conexão.

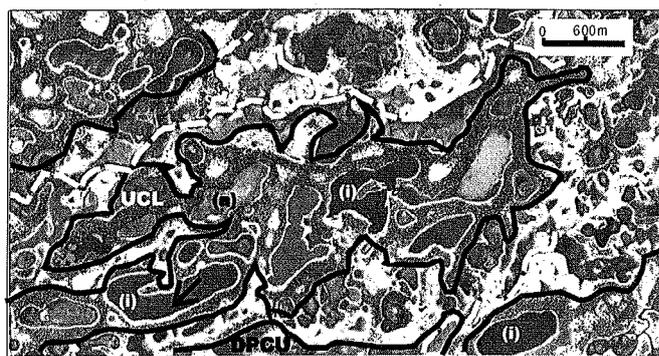


Figura 8 - Detalhe de foto pancromática, mostrando feições particulares da unidade de lagoas e cordilheiras (UCL) e de areiais (UAC); Observa-se os diferentes graus de isolamento das lagoas, desde assoreadas (a) até inteiramente isoladas (i) A unidade de depressões e paleocanais em campo úmido esta incipientemente desenvolvida internamente à unidade dos areiais secos. Canais e paleocanais de drenagem tributária incipientemente organizados podem ser identificados (tracejado branco)

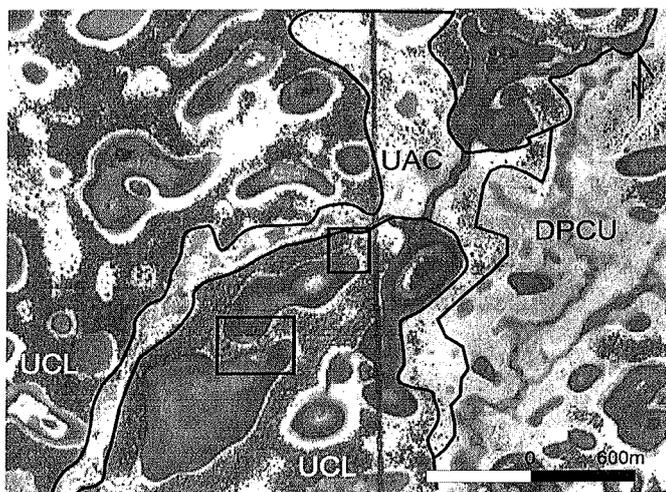


Figura 7 - Detalhe de fotografia aérea pancromática (USAF n° 42052) mostrando diversas unidades e feições geomórficas: UCL - unidade de cordilheiras e lagoas; UAC - unidade de areiais com cerrado aberto; DPCU - depressões paleocanais com campo úmido. Observam-se auréolas de vegetação anfíbia, o preenchimento das lagoas indicados por linhas de escoamento interligando-as, com formação de micro-deltas. Na unidade DPCU ocorrem formas de drenagem tributária incipientemente organizadas, compondo a paisagem mais jovem, ocupada por campinas e topograficamente mais baixa.

procedimento analítico foi o convencional e as análises foram feitas no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia da UFPR. Os sedimentos foram separados em 13 (treze) frações granulométricas, variando de silte e argila (<0,62mm) até grânulos (2,830mm). Os resultados foram analisados comparati-

vamente, buscando-se diferenciar granulometricamente terraços, rampas, dos depósitos de baixios, lagoas, vazantes (depressões, paleocanais) e cordilheiras (cristas e "lunettes").

Os diferentes resultados da análise granulométrica mostram claramente uma composição textural particular para as areias brancas, independentemente da feição geomórfica a que se associam, com pobreza em matriz e boa seleção, embora estas características sejam naturalmente variadas com os processos que atuaram. As similaridades e diferenças são mais significativas ao se comparar as amostras da província planáltica (Fig. 9), na área-fonte do leque, com aquelas da área do leque, tanto das cordilheiras (diques marginais ou paleodunas?) como das lagoas e vazantes (paleovales ou depressões de deflação?).

A primeira característica que ressalta é a semelhança e homogeneidade granulométrica das areias brancas, em amostras de diferentes feições geomórficas (Fig. 10). São areias finas a médias, pobres em matriz, com uma ou duas classes modais e seleção boa a moderada. Os casos de bimodalidade são frequentes, também em diversos sítios deposicionais, com ausência de fração da areia fina, o que tem sido considerado bom indicador de deposição eólica, pois a fração ausente é removida pelo vento, enquanto a mais fina fica aprisionada entre os grãos da areia média.

Os histogramas de análises granulométricas de amostras da Baixa Nhecolândia apresentadas por Almeida (1945) são similares aos resultados obtidos, incluindo com frequência os casos de bimodalidade. Observa-se que apresentam em média maior seleção e menor diâmetro médio, formando um grupo levemente diferenciado daquelas do leque, onde ocorre maior mistura de frações.

Os diferentes grupos incluindo aqueles resultados de Almeida (1945) da Baixa Nhecolândia, aparecem bem descritos, com base no desvio padrão e no diâmetro médio (Fig. 11). As areias da Baixa Nhecolândia são mais finas e melhor selecionadas, formando um grupo bastante distinto daquelas da Alta Nhecolândia, que apresentam maior diâmetro médio, reflexo de maior energia do ambiente. As amostras da área fonte apresentam um diversidade maior nos parâmetros, embora ainda relativamente pequena.

Tabela 2 – Localização e contexto de campo das amostras cujos resultados são apresentados no trabalho.

AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO UTM (m)	SITUAÇÃO GEOMÓRFICA
PSG-P2 A	682488 X 7936409	Leito de vazante, até 30cm abaixo da superfície, sob solo hidromórfico.
PSG P2	682488 X 7936409	Leito de vazante, até 30cm abaixo da superfície, sob solo hidromórfico.
PSG-P2 B	682488 X 7936409	Leito de vazante, até 30cm abaixo da superfície, sob solo hidromórfico.
PSG-6-3	0675547 X 7941047	Margem de lagoa, 30 à 60 cm abaixo da superfície e acima de leito lateritizado.
PSG-6-4	0675547 X 7941047	Transição entre leito de depressão (paleocanal?) e cordilheira (dique marginal?).
PSG-6-5	0675547 X 7941047	Crista (Paleocanal?, dique marginal?), 30 cm abaixo da superfície.
PSG-18-A	697337 X 8009883	Planície homogênea (lobo de crevassa frontal)
PSG-6-5	0675547 X 7941047	Dique Marginal, borda, ao lado de paleocanal com lagoa interna.
PSG-16	693580 X 7986050	Fazenda Santa Mônica da Aldeia. Alternancia de cristas e depressões. Amostra de cristas
PSG-19-2	736972 X 7954078	Rio Taquari, atual dique marginal
PSG-19	736972 X 7954078	Coxim, Vila da Barra, Terraço antigo, cabeceira do leque, areia branca.
PSG-19	736972 X 7954078	Vila da Barra, Coxim. Terraço antigo, 4m acima da planície aluvial atual.
PSG-17	680880 X 7996410	Amostra de Planície à margem de vazante (Fz. Rancho Novo)
PSG-22 A	721757 X 7963287	Pedimento, Fazenda Novo Horizonte, areias castanhas (mais antigas)
PSG-22 b	721757 X 7963287	Pedimento, Fazenda Novo Horizonte, areias castanhas (inferiores, mais antigas)
PSG-23 a	730439 X 7916200	Planalto, Rio Verde, Córrego Fundo, terraço de rampa, base (figura 4).
PSG-23 b	730439 X 7916200	Idem, terraço de rampa
PSG-23 d	730439 X 7916200	Idem, paleocanais
PSG-23 e	730439 X 7916200	Idem, parte média
PSG-24 a	730880 X 7933358	Paleolatosolo castanho, alóctone, sotoposto a areias brancas
PSG 29	717584 X 7909215	Rio Verde, Vossoroca do Lageadinho. Cobertura de areia branca sobre arenito lateritizado (Figura 3).
PSG- 19/3/1	730439 X 7916200	Coxim, Vila da Barra, Terraço antigo, areia branca.
PSG-31SN	720856 X 7904760	Rio Verde - safda para Coxim, rampa de colúvio

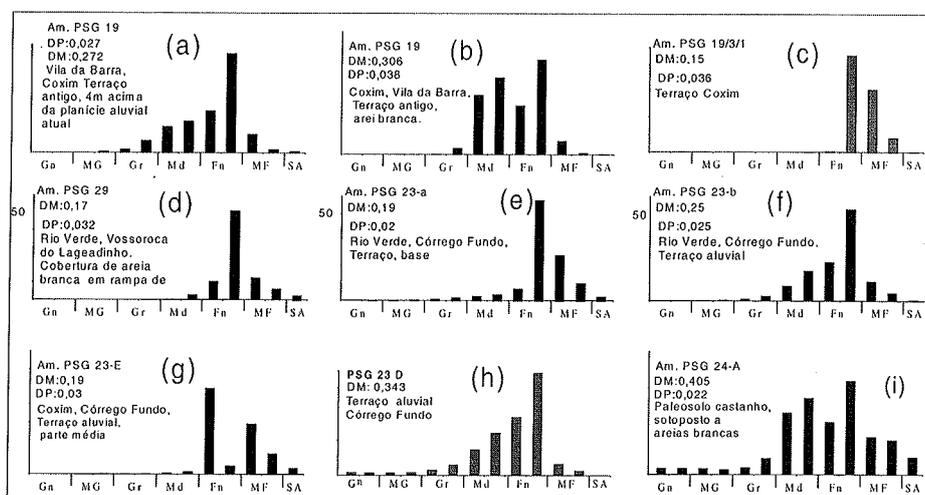


Figura 9 - Histogramas de distribuição granulométrica de amostras representativas de areias brancas de depósitos aluviais em terraços do Taquari-Coxim, no planalto; em terraços da cabeceira do Leque (a,b), em terraço aluvial do rio principal (Coxim) (c), em rampa de colúvio no planalto (d) em terraço de afluente no planalto (e-h). Correspondem aos depósitos correlativos daqueles da superfície do leque do Taquari. Para comparação, é ilustrada a distribuição granulométrica de sedimentos formadores do paleo-solo castanho avermelhado sotoposto a areias brancas no pedimento. Notar a pobreza em matriz silto-argilosa (SA) e o grande predomínio de areia média a muito fina, nas areias brancas e a má seleção na areia castanha.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E MORFOSCÓPICAS A hipótese inicial de trabalho foi a de que se as características eólicas das areias brancas tivessem sido adquiridas em seu ambiente deposicional atual, então todos os grãos teriam feições de trabalho eólico, tanto de arredondamento, de esfericidade e de impacto em meio aéreo. Para testar a hipótese, grãos de areia fina e média foram examinados em estereomicroscópio digital, para definição do arredondamento e da esfericidade e identificação de feições morfoscópicas e de casos de inversão

textural, bem como indicações de superposição de feições. Aproximadamente 10 grãos de cada amostra foram, pela presença e pela ausência potencial de feições de impacto e de abrasão eólicas, observados em microscópio digital e posteriormente em microscópio eletrônico (MEV).

Os resultados revelaram que as areias brancas, tanto das rampas e dos terraços embutidos no planalto, como dos pedimentos e da franja do leque aluvial do Taquari, apresentam características notavelmente similares entre si, sempre com baixos teores de ma-

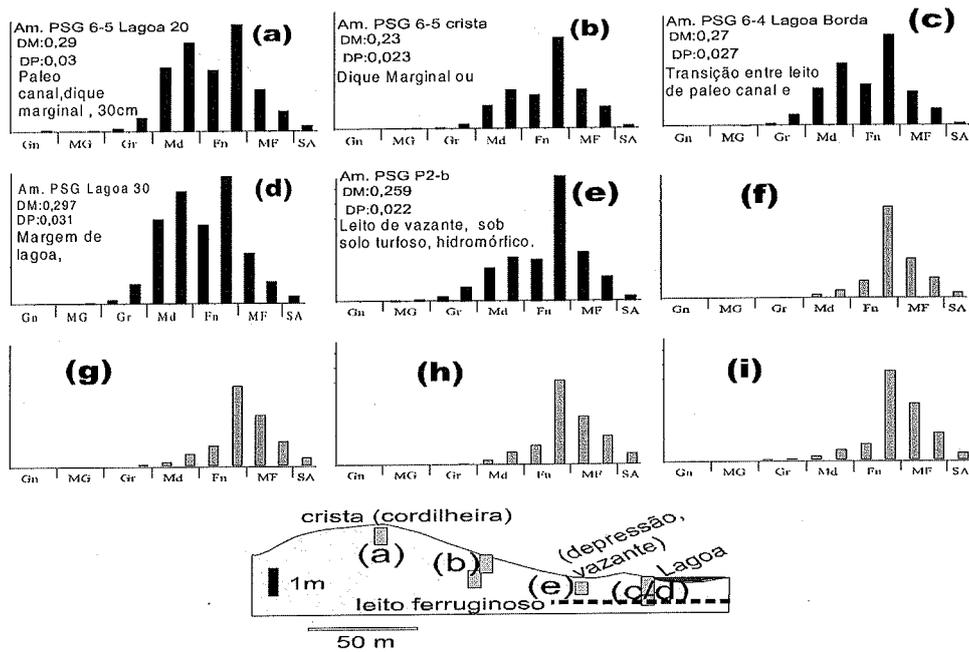


Figura 10 - Histogramas ilustrativos da distribuição granulométrica representativa de areias brancas da cobertura superior do leque do Taquari; a posição geomórfica de cada amostra está representada esquematicamente. Notar a pobreza em matriz silto-argilosa (SA), o grande predomínio de areia média a muito fina, a boa seleção e casos de bimodalidade. DM, DP = diâmetro médio, desvio padrão. As amostras f,g,h,i são exemplos da elevada seleção nas areias brancas das praias e cordilheiras da área das lagoas (Baixa Nhecolândia). Localização na figura 2.

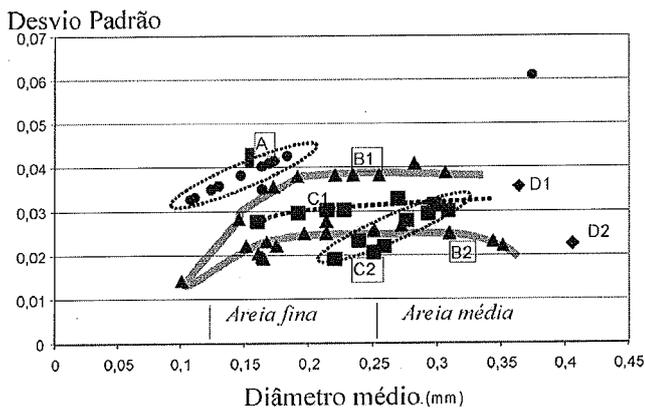


Figura 11 - Comparação entre os diferentes grupos de amostras com base no diâmetro médio e desvio padrão. A - Planície inferior do leque (Baixa Nhecolândia, incluindo dados de Almeida, 1945); B - Areias brancas no planalto: rampas, sedimentos e terraços; C - Areias brancas, cristas e depressões na planície superior do leque: C1 - lobo norte, C2 - lobo sul (Baixa Nhecolândia), D - Areias avermelhadas (paleo-latossolos) sotoposta às areias brancas.

triz (<5%), texturalmente e mineralogicamente maduras (mais que 95% de quartzo), e grãos com superfícies sem impurezas. Características muito diferentes foram observadas nas areias sotopostas de cor castanha e naquelas associadas a paleolatossolos, cujos grãos apresentaram incrustações ferruginosas nos sulcos e de

pressões da superfície dos grãos.

Arredondamento A distribuição de frequência dos grãos por classes de arredondamento (Fig. 12) mostra a predominância de grãos nas classes alta-muito alta para a areia média e moderada-alta para a areia fina, nas amostras das areias brancas do leque aluvial tanto no lobo norte como no lobo sul.

Nas amostras de rampas e terraços no planalto, observa-se que o arredondamento modal é moderado-fraco, passando a alto-muito alto em alguns casos (Am. 23, Fig. 12); ocorrem nestas amostras casos de inversão textural; as amostras de terraço do rio Coxim (Am. 18), na cabeceira do leque, bem como aquelas das coberturas dos pedimentos transicionais são caracterizadas por grande variabilidade no arredondamento.

Esfericidade A distribuição de frequência nas amostras de rampas e terraços no planalto mostra moderada a baixa esfericidade, enquanto as de terraço da cabeceira do leque, da franja de pedimentos e do leque aluvial (lobos sul e norte) possuem grande variabilidade na esfericidade em cada amostra (Fig. 13). As características indicam que este atributo dos grãos foi essencialmente herdado da área-fonte, não tendo maior significado paleoambiental para os sedimentos analisados.

Feições Morfoscópicas O principal resultado das análises de feições morfoscópicas foi a revelação da existência de mistura de diferentes populações de sedimentos, com características herdadas da área fonte, sendo comuns os casos de inversão textural (Fig. 14). Grãos com superfícies lisas, foscas e com marcas de impacto de transporte eólico, ocorrem associados a grãos angulo-

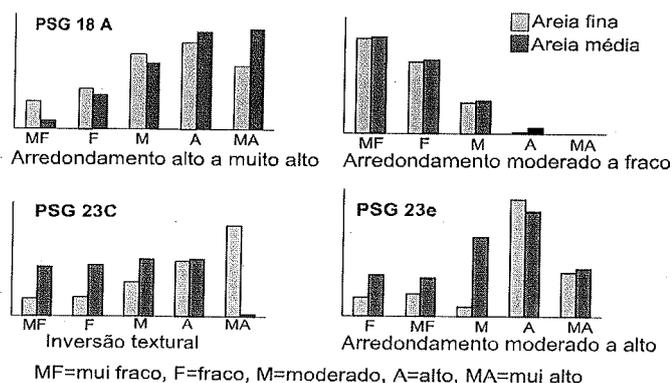


Figura 12 - Exemplos da distribuição de freqüência do arredondamento, em duas classes granulométricas (média e fina) em areias depositadas em rampas e preenchimento de vale, a área do planalto, vale do Coxim. Diferentes tipos de distribuição e maior arredondamento em grãos menores indicam a herança das características de rochas da área-fonte.

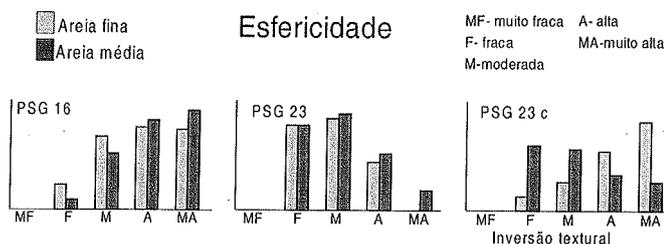


Figura 13 - Distribuição de freqüência de esfericidade em duas frações granulométricas, mostrando exemplo de contribuição a partir de áreas fontes com características já presentes (areias brancas de rampas e preenchimento de vales, areias brancas)

sos, sem abrasão (Fig. 15). No mesmo grão, caracterizado por superfícies lisas e com marcas de impacto, ocorrem faces lascadas sem abrasão. A alta maturidade e a bimodalidade, possíveis indicadores de transporte eólico, contrastam com a existência de grãos angulosos junto a grãos bem arredondados e sem qualquer feição de abrasão eólica. Isto pode ser interpretado como pequena duração de trabalho eólico para que sejam geradas feições de abrasão no grão, porém suficiente para promover a seleção.

DATAÇÃO RADIOMÉTRICA Fragmentos de carvões da amostra PSG-23 foram amostrados e encaminhados para datação pelo método ^{14}C no CENA-USP. Os carvões são transportados, mas ocorrem em leitos, no meio de areias finas a médias, o que indica serem carvões disponíveis em quantidade elevada na paisagem da época.

A datação radiocarbônica da amostra PSG-23 indicou idade de 8650 ± 120 anos A.P. (1950) para o carvão, sendo: a) erro de $\pm 1s$, correspondendo a 68% de probabilidade; b) % Carbono Moderno = 34.07 ± 0.50 ; c) fracionamento Isotópico ($d^{13}\text{C}$) = -25.48% , valor utilizado na correção da idade radiocarbônica.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS A identificação de paleoambiente eólico em áreas já florestadas, através de imagens

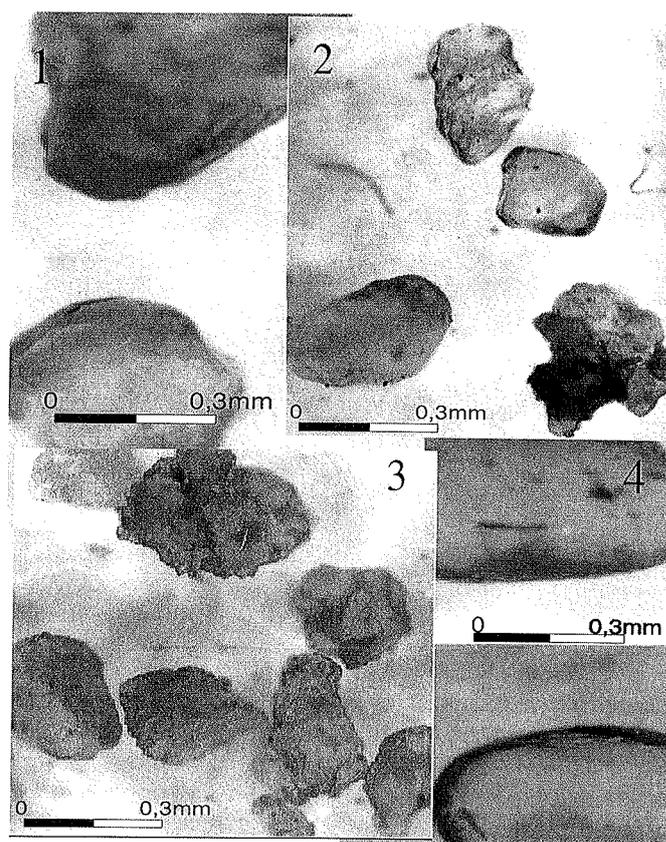


Figura 14 - Exemplos de características típicas dos grãos de areias brancas dos sedimentos do leque, revelando uma grande diversidade e incompatibilidade das propriedades com a aquisição no ciclo sedimentar do leque. (1) inversão textural; (2) mistura de populações; (3) grãos muito angulosos; (4) grãos muito arredondados (fotografias de grãos de areia média e fina).

de satélite e radar com baixa resolução, é um processo carregado de incertezas, porque feições morfológicas similares ocorrem associadas à sedimentação aluvial, como em diques marginais, terraços, barras em pontal e barras em canal, embora sempre ocorram associadas a paleocanais, que se recortam por migração sucessiva. O reconhecimento de feições geomorfológicas tais como dunas, lençóis de areia e depressões de deflação, em fotografias aéreas com boa resolução e visão estereoscópica, é mais fácil, permitindo em muitos casos reconhecer paleoambientes eólicos.

A presença de dunas longitudinais, como as interpretadas por Klammer (1982), não foi confirmada no estudo realizado, que contou com a análise de imagens Landsat e de fotografias aéreas, bem como trabalhos de campo. Mas, apesar de não terem sido encontradas dunas típicas com os diversos meios utilizados na análise, algumas feições indicadoras de trabalho eólico foram identificadas, como *lunettes* e depressões de deflação, formas sinuosas descontínuas etc, muitas vezes com retrabalhamento por fluxo hídrico concentrado e laminar.

As lagoas da unidade de cristas e lagoas foram interpretadas como depressões formadas por deflação, formadas por ventos predominantemente de norte, o que é indicado tanto pelos esporões e barras (Fig. 16), como pela maior amplitude da margem sul das lagoas. A formação destas depressões ocorreu num período

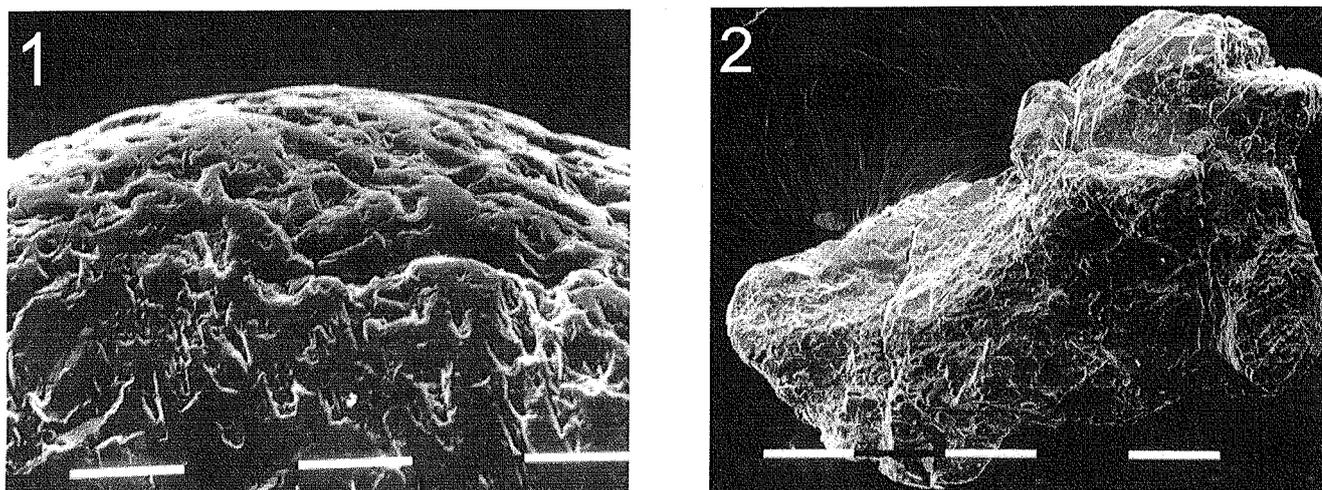


Figura 15 – Coexistência de grãos trabalhados em mais de um ciclo sedimentar (1) com grãos que ainda não adquiriram características de trabalho sedimentar(2); (1)Borda do grão, superfície arredondada, fosca, marcas de impacto (pis) superpostas por sulcos e marcas de corrosão (seção de 10 μ); (2)superfície angulosa, sem abrasão, cavidades, faces e estrias de crescimento do cristal (seção de 100 μ)

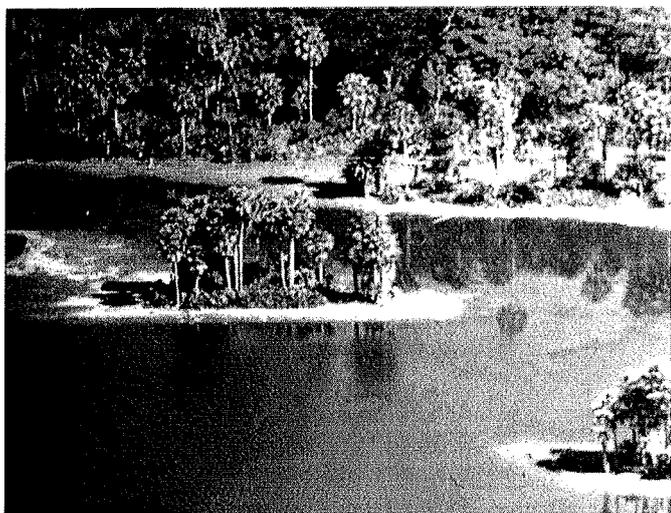


Figura 16 - Típicos esporões e barras no interior de lagoas de águas límpidas e salinas com praias (bordas arenosas) assimétricas; tanto as barras como os esporões são bons indicadores de uma ação eólica antes da elevação do freático e transformação dos baixios de deflação em lagoas.

em que o lençol freático encontrava-se a uma profundidade pelo menos 2 m abaixo do nível freático da época de vazante atual, pois a deflação eólica ocorre somente até a zona de saturação das areias. Durante esta fase seca, as areias foram retrabalhadas e redepositadas por processos eólicos, recobrando pedimentos previamente elaborados. Corroboram esta interpretação características granulométricas como seleção boa, pobreza em matriz e bimodalidade nas frações fina a média, que não podem ser explicadas por transporte fluvial, que promove mistura de populações da área-fonte, onde ocorrem tipos diversos de sedimentos (conglomerados, arenitos e folhelhos) além de granitos e xistos.

Embora seja o resultado de apenas uma datação, a idade holocênica inferior para os carvões constitui um referencial interessante para a evolução da paisagem, mostrando coerência com outras evidências, como o de aridez climática e condições de clima frio, indicados pelas rampas de colúvio cobertas por areias brancas e pela preservação excepcional de matéria orgânica em solos arenosos, superpostos a paleolatosolos. A aridez responsável pelo abaixamento do freático e ação eólica deve ter ocorrido no final do Pleistoceno durante a última glaciação. Fenômeno similar é descrito para esta época na Argentina, região dos Pampas e do Chaco (Iriondo 1999).

Resultados similares foram obtidos em datação de conchas de gastrópodes encontradas em depósitos de “playa” associados com pedimentos na serra da Bodoquena (Soares et al. 2000).

Elevação posterior do nível freático transformou as depressões de deflação no leque aluvial em lagoas fechadas, alimentadas pelo freático. Associadas a esta elevação do freático desenvolveram-se zonas de drenagem que retrabalharam a paisagem de deflação, gerando amplos vales anastomosados formados pela remoção e redeposição das areias, extensivamente na Alta Nhecolândia (Lobo sul), e de forma mais localizada na Baixa Nhecolândia, permitindo nesta última área a preservação mais expressiva de ilhas da unidade de cristas e lagoas, agora terraceadas.

O início do remodelamento da paisagem eólica ocorreu tanto por erosão hidráulica quanto por deposição em amplos vales, moderadamente sinuosos e parcialmente entrelaçados, gerando a superposição das duas paisagens. Ocorreu então intensa sedimentação dos lençóis de areia branca em lobos de avulsão ou leques de crevassas, durante o período de mais intensa formação dos lobos do leque do Taquari, provavelmente associado à fase crítica de mudança de condições áridas para semi-úmidas no início do Holoceno.

A unidade de areiais com campos secos forma uma paisagem superposta à de vegetação densa. Distributários de um lobo antigo do leque do Taquari, lobo Sul, formando lobos de espraiamento ou avulsão, entremeados na paisagem das cristas e salinas,

espalharam cordões de areias brancas, bem selecionadas, provavelmente de concentração eólica prévia. Estas areias, com menos de 5% de matriz, contrastam com mais de 20% de matriz na carga transportada atualmente pelo rio Taquari (Padovani *et al.* 1998).

Lençóis de areias brancas que ocorrem nos lobos, na maioria aluviais, apresentam algumas propriedades granulométricas e morfoscópicas indicadoras de um pequeno retrabalhamento eólico e feições indicativas de herança da área-fonte. Casos de inversão textural, dados pela presença de grãos com arredondamento alto e superfície mais fosca e perfurada por impacto em grãos mais finos, coexistindo com grãos mais grossos praticamente sem arredondamento ou outras feições, são fortes indicadores de retrabalhamento com mistura de populações. Os casos de inversão textural sugerem características eólicas herdadas da rocha fonte (Formação Botucatu) e misturadas com características não-eólicas também herdadas (arenitos e conglomerados das formações Furnas e Aquidauana, xistos e gnáisses do embasamento). A presença dos grãos sem abrasão ou polimento indica ao mesmo tempo uma contribuição a partir de áreas cristalinas e trabalho insuficiente para a produção de características próprias de transporte no ambiente pré-atual.

O clima provavelmente teria continuado frio, de forma que a matéria orgânica ficasse preservada da degradação, acumulando turfeiras tanto no planalto como nas planícies do Pantanal da Baixa Nhecolândia. Formaram-se também solos enriquecidos em material carbonoso, solos estes que como as turfeiras estão hoje em processo de erosão. A idade obtida na datação de um nível de carvão em terraços de areias brancas do rio Coxim confirma a hipótese de uma idade Holocênica para estes depósitos. Embora seja o resultado de apenas uma datação, constitui um referencial interessante para a evolução da paisagem, mostrando coerência com outras evidências, como o de aridez climática e condições de clima frio, indicados pelas rampas de colúvio cobertas por areias brancas e pela preservação excepcional de matéria orgânica em solos arenosos, superpostos a paleolatosolos.

As cordilheiras encontram-se acima do nível máximo de inundação atual, enquanto as lagoas de água doce tem seu leito e nível d'água abaixo, recebendo, no caso das conectadas, descarga das drenagens durante as cheias. As lagoas isoladas, que têm águas límpidas e salobras, são formadas por águas alcalinas, com elevados teores de cloreto de sódio ($\sim 20/_{00}$) e elevada razão Na/K (~ 10), conforme já observado por Cunha (1943), são localmente denominadas "salinas".

O longo isolamento de muitas das lagoas, sua alimentação a partir do freático e intensa evaporação conduziram à salinização das águas, formando salinas alcalinas. Enquanto isso, outras lagoas foram conectadas, com linhas de drenagem promovendo um intercâmbio das águas e carga sedimentar de superfície, de tal forma que mantiveram ou transformaram-se em lagoas de águas doces e turvas, em processos de assoreamento e ocupação pela vegetação.

As zonas homólogas traçadas nas fotos e imagens constituem, assim, paisagens de diferentes épocas. Recoberto paleossolos vermelhos, areias castanhas e crostas limoníticas, a unidade de cristas e lagoas terraceadas com vegetação densa é a unidade mais antiga, interpretada como paisagem eólica reliquiar. A unidade de lençóis arenosos se sobrepõe à paisagem de cristas e lagoas, sendo o produto da retomada do afluxo sedimentar a partir da área-fonte por processos aluviais, que promoveram retrabalhamento parcial dos depósitos formados no ciclo anterior. A zona de areiais em campo úmido poderiam ser zonas erodidas

pela drenagem da frente do leque, ou ainda paleovales não preenchidos pelo lobo. Com a umidificação climática, abaixamento do nível de base do leque e início da construção do lobo atual do Taquari Novo, a região passou a sofrer novo processo de erosão através das drenagens desenvolvidas na época das cheias (vazantes).

CONCLUSÕES Um manto de areias brancas, finas a médias, com seleção regular a muito boa, recobre diferentes unidades de paisagens geomórficas no Pantanal e nas terras altas vizinhas, especialmente nas Serras de Maracaju e São Jerônimo. No leque do Taquari, o manto de areias brancas ocorre sob a forma de cristas e depressões de pouco desnível topográfico. Na região da Nhecolândia foi possível reconhecer quatro unidades morfológicas distintas. As unidades se superimpõe numa sucessão cronológica, produto que são de uma sucessão temporal de diferentes processos e variáveis macroambientais, representando modificações de paisagens previamente existentes.

A evolução da paisagem decorreu de mudanças paleoclimáticas operantes do Pleistoceno até os dias de hoje. Os areiais e as lagoas constituem herança de paleoclimas, cujos principais eventos associados podem ser tentativamente resumidos em:

- Deposição de areias castanhas em condições de clima subtropical quente e úmido no Pleistoceno (período interglacial), que permitiu a acumulação de ferro oxidado em compostos hidratados e desenvolvimento de paleossolos vermelhos.

- Mudança para clima frio e seco no Pleistoceno terminal (período glacial), redução no aporte para o Pantanal, retrabalhamento por processos eólicos, formação de depressões de deflação e deposição em *lunnetes*, esporões, barras e praias arenosas mais largas na margem sul das depressões de deflação. As características morfoscópicas e morfológicas características de transporte eólico não foram impostas de forma generalizada nas areias devido ao pouco tempo de trabalho. A paisagem formada foi em grande parte destruída por eventos posteriores, mas pode ser ainda reconhecida, especialmente na Baixa Nhecolândia.

- Mudança climática no início do Holoceno O clima permaneceu frio, a julgar pela presença de areias brancas e turfeiras, mas uma umidificação é deduzida a partir do incremento drástico no aporte sedimentar, que implica erosão acentuada numa área-fonte desprovida de vegetação de porte. No Planalto, as areias brancas ocorrem em terraços, rampas de colúvio terraceadas e vales preenchidos. Nos pediplanos transicionais formam coberturas sobre baixadas previamente esculpidas. Um depósito de carvão associado às areias foi datado em 8650 ± 120 anos A.P.

- Como consequência houve incremento drástico no aporte sedimentar no Pantanal, promovendo a formação de diversos leques e lobos aluviais que progradaram por sobre a paisagem eólica prévia, obliterando-a completamente em muitas áreas. Depósitos de areias brancas foram formados por correntes aquosas em fluxo laminar nas encostas, concentrado nos vales sob assoreamento e em amplos vales sinuosos e anastomosados nos lobos do leque aluvial do Taquari, no Pantanal. Na Alta Nhecolândia o lobo aluvial destruiu a maior parte das feições anteriores, assoreou os vales e deixou inúmeras cicatrizes de canais moderadamente sinuosos, margeados por elevações possivelmente remanescentes terraceados da paisagem de deflação eólica.

- Com a umidificação da planície do Pantanal houve elevação regional do nível freático e as depressões de deflação foram inundadas, constituindo lagoas. Grande parte delas foram parcialmente retrabalhadas por correntes derivadas dos lobos em construção, conectadas em forma de rosário e incorporadas à rede de

drenagem na superfície do leque (bacias). Outras permaneceram isoladas, sendo abastecidas apenas pelo freático e tornando-se progressivamente salobras (salinas).

- Um dos últimos eventos reconhecíveis é a dissecação do relevo por drenagem tributária (vazantes), que gerou o terraceamento da área das cordilheiras e lagoas que caracterizam a Baixa Nhecolândia, situada na porção sul do Pantanal.

Desta forma, verifica-se que o contraste de características granulométricas e morfológicas das areias é resultado de um extensivo processo de remobilização, transporte e deposição eólica de areias bem selecionadas, com posterior retrabalhamento por fluxos aluviais, que promoveram sua mistura com areias imaturas trazidas pelas correntes aluviais e deposição em canais, crevasças e lobos de avulsão.

Por fim, conclui-se que os areiais e algumas lagoas do Pantanal preservaram algumas características de ação eólica, que representam uma herança climática de condições secas, embora não necessariamente desérticas, ao que tudo indica do final do Pleistoceno.

Agradecimentos Ao EURF (Projeto Pantanal-Chaco) e FAPESP

(Projeto 99/00326-4) pelo apoio financeiro. Aos professores doutores José M. dos Reis Neto e Eleonora M. Vasconcellos do Departamento de Geologia/UFPR, pelas facilidades e orientação nos trabalhos no laboratório de Microscopia Digital; à Prof^a. Dra A. Daura do Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR, pela assistência nas análises de MEV; ao Prof. Dr. Luiz Pessenda do CENA/USP, pela datação C14; Ao Prof. Dr. Rodolfo José Angulo pelas facilidades oferecidas no Laboratório de Sedimentologia da UFPR; ao Professor Dr. Umberto Pieruccini e à Dra. Gaia Riginni, da Universidade de Siena, pelas discussões durante os trabalhos de campo na área do planalto e da parte superior do leque e no processamento e análise de imagens Landsat; ao Prof. Dr. Alberto Pio Fiori, pelo apoio como orientador e coordenador brasileiro do Projeto Pantanal-Chaco (EURF). Aos professores Giancarlo Lastoria, UFMS/Campo Grande e Renato Prates da UFMS/Aquidauana, pelo apoio na aquisição de documentação cartográfica e fotográfica, bem como apoio e discussões nos trabalhos de campo. À estudante de graduação em Geologia (UFPR) Fabiana Lima Domingos, pelo auxílio no decorrer da pesquisa. Aos revisores da RBG pelas sugestões ao manuscrito.

Referências

- Almeida F.F.M. 1945. *Geologia do sudoeste Matogrossense*. DNPM/DGM, Boletim **116**:1-118.
- Assine M.L. & Soares P.C. 1998. Megaleques aluviais: uma discussão tendo como exemplo o leque do Taquari, Pantanal Mato-Grossense. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, *Anais*, 433p.
- Assine M.L. & Soares P.C. 2000. Taquari megafan: a multi-lobe Quaternary alluvial system in Pantanal Basin, Brazil. In: 2º Congresso Latinoamericano de Sedimentologia, Mar del Plata, v.Resumenes, 37-38p.
- Assine M.L., Soares P.C., Angulo R.J. 1997. Construção e abandono de lobos na evolução do leque do rio Taquari, Pantanal Mato-grossense. In: Abequa, Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Curitiba, *Resumos Expandidos*, 431-433p.
- Braun E.W.G. 1977. Cone aluvial do Taquari, unidade geomórfica marcante da planície quaternária do Pantanal. *Revista Brasileira Geografia*, **39**:164-180.
- Clapperton C. 1993. *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. Amsterdam, Elsevier 779p.
- Cordeiro R.C. & al. e. 1997. Paleoincêndios holocênicos na região de Carajás. In: Abequa, Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Curitiba, *Resumos Expandidos*, 434-438p.
- Cunha J. 1943. Cobre de Jaurú e lagoas alcalinas do Pantanal. *DNPM/LPM*, Boletim **6**:1-53.
- Elliot D.C. 1996. A conceptual framework for geoenvironmental indicators. In: Berger A.R. & Iams W.J. (ed.) *Geoindicators, Assessing Rapid Geoenvironmental Changes in Earth Systems*. Rotterdam, A. Balkema 337-350.
- Fernandes E., Sakamoto A.Y., Queiróz-Neto J.P., Lucati M.H., Capelari B. 1999. Le "Pantanal de Nhecolândia" Mato Grosso: cadre physique et dynamique hydrologique. *Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **22**:13-21.
- Iriondo M.H. 1999. The Neogene of the Llanos-Chaco-Pampa depression. *Episodes*, **22**(3):225-231
- Klammer G. 1982. Die Paläovüste des Pantanal von Mato Grosso und die pleistozäne Klimageschichte der brasilianischen Randtropen. *Zeitschrift für Geomorphologie*, **26**:393-416.
- Kozciak S. 2000. *Evolução do processo erosivo da bacia dos rios Arica-Açu e Arica-Mirim - MT, através de análise multitemporal*. PPGG, UFPR, Dissertação de Mestrado, Curitiba, 107p.
- Ledru M.-P. 1993. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, **39**:90-98.
- Ledru M. P., Braga M.P., Soubies F., Fournier M., Martin L., Suguio K. 1996. The last 50,000 in the neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **123**:239-257.
- Melo M.S. 1995. *A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenoica na Depressão Periférica Paulista*. IG, USP, Tese de Doutorado, São Paulo, 144p.
- Ochsenius C. 1997 a. The Neocene and Pleistocene Savannization of Amazonia. In: Abequa, Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Curitiba, *Resumos Expandidos*, 462-466.
- Ochsenius C. 1997 b. The Wisconsinian shelf desert belt and the water table depression in the inland waters of South America. A global paleohydrological frame. In: Abequa, Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Curitiba, *Resumos Expandidos*, 467-472..
- Padovani C.R., Carvalho N.O., Galdino S., Vieira L.M. 1998. Deposição de sedimentos e perda de água do rio Taquari no Pantanal. In: ABRH, Encontro de Engenharia de Sedimentos, Belo Horizonte, 127-134p.
- Paranhos Fº A.C. 1999. Metodologia de análise multi-temporal: a dinâmica geoambiental de Coxim e da Bacia do Taquarizinho (Mato Grosso do Sul-BR). PPGG, UFPR, Tese de Doutorado, Curitiba. 207p.
- Popolizio E. 1997. La importancia de la fotointerpretacion en los estudios de las llanuras cuaternárias del Chaco argentino. In: Abequa, Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Curitiba, *Resumos Expandidos*, 428-431.
- Soares P.C. & Assine M.L. 1996. The giant Taquari alluvial fan in Pantanal basin. Relat. Proj. FINEP/PADCT, UFPR., Curitiba, 38p.
- Soares P.C., Rabelo L., Assine M.L. 1998. The Pantanal Basin: recent tectonics, relationship to the Transbrasiliano Lineament. In: 9º Simp.

Areias e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática?

- Bras. Sensoriamento Remoto. INPE, Santos. Anais (CD), www.sbsr.inpe.br/trabalhos, 1-11.
- Soares P.C., Assine M.L., Rabelo L., Balão J.T. 1996. The giant Taquari alluvial fan in Pantanal basin, Central South America. *In: International Geological Congress, Pequim, Abstracts*, v.1, 471p.
- Soares P.C., Gama Jr. E.G., Landim P.M.B., Weyler G., Seignemartin C.L. 1978. Foto-interpretação aplicada à sedimentação recente da Bacia do Pantanal. *In: 1º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais*, v.2, 575-576p.
- Soares A.P., Soares P.C., Fiori A.P., Domingos F.L., Righini G., Rabelo L. 2000. Geoindicators of Holocene Climatic Changes in Pantanal Region, Central South America. 31st International Geological Congress, Abstracts Volume, CD-ROM. Rio de Janeiro, RJ – Brasil.
- Tricart J. 1982. El Pantanal: un ejemplo del impacto geomorfológico sobre el ambiente. *Informaciones Geograficas (Chile)*, 29:81-97.

Manuscrito A-1360

Recebido em 16 de julho de 2002

Revisão dos autores em 06 de maio de 2003

Revisão aceita em 15 de maio de 2003