

INFORME PUBLICITÁRIO

O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOQUÍMICAS DO PARANÁ - SIGEP

Otavio Augusto Boni Licht*

O SIGEP representa uma iniciativa pioneira no Brasil, comparável a outras já desenvolvidas nos países mais evoluídos nas questões ambientais. Foi planejado de acordo com os critérios estabelecidos pela UNESCO, em conjunto com a IUGS (International Union of Geological Sciences), nos projetos IGCP-259/360, do Sistema Estadual de Informações do Estado do Paraná - SEI e também com os interesses técnicos e estratégicos das diversas organizações participantes. Os seus principais objetivos são: 1. estabelecer uma base de dados geoquímicos a partir de amostras de solo, águas e sedimentos de drenagens já existentes e a serem produzidas pelo SIGEP; 2. produzir cartas geoquímicas de todo o Estado do Paraná e 3. desenvolver estudos aplicados à solução de problemas relacionados com a qualidade do meio ambiente, a atividade agropecuária, a saúde pública e a mineração. Tais ações visam subsidiar a sociedade com informações quantitativas para o planejamento e a execução de projetos voltados ao conhecimento do solo e do subsolo, do aproveitamento agropastoril, do controle e recuperação do meio ambiente, da qualidade dos mananciais e da ocupação e uso dos espaços territoriais do Estado do Paraná.

Objetivando atender ao caráter multidisciplinar no uso dos dados geoquímicos, as negociações para a constituição do SIGEP foram iniciadas em agosto de 1992, coordenadas pela Minerais do Paraná S.A. - MINEROPAR, com a participação do Instituto Ambiental do Paraná - IAP, Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural do Paraná - EMATER/PR, Programa PARANÁ RURAL, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, Secretarias de Estado da Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia e Ensino Superior - SETI, Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento - SEAB, Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral - SEPL, Secretaria de Estado da Saúde - SS, Fundação de Saúde Caetano Munhoz da Rocha, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Serviço Social da Aprendizagem Industrial - SENAI, Universidade Federal Fluminense, British Geological Survey - BGS, Ontario Geological Survey - OGS, Sociedade Brasileira de Geoquímica e UNESCO-IUGS International Geochemical Mapping / Global Geochemical Baseline Projects 259-360. O Workshop de lançamento do SIGEP foi realizado em 01.06.94, com a presença de meia centena de instituições governamentais, privadas e ONGs.

O SIGEP foi institucionalizado no âmbito da SETI através do Decreto Estadual n. 4.088/94 integrado ao Sistema Estadual de Informações. Já a sua Câmara Técnica foi institucionalizada com a publicação do Decreto Estadual n. 4.389/94

Em 26.10.94, foi assinado o Convênio entre a Secretaria de Estado da Indústria e do Comércio, Ensino Superior, Ciência e Tecnologia do Paraná e a Minerais do Paraná S.A. - MINEROPAR, para realização de Estudos Geoquímicos Orientativos e Constituição de Base de Dados Geoquímicos.

A metodologia dos Estudos Geoquímicos Orientativos em Umuarama (impacto ambiental urbano e industrial) e na Bacia Piloto de Campo do Tenente (fertilidade agrícola e impacto ambiental da agricultura) foi estabelecida pela Câmara Técnica de Integração de Dados Geoquímicos.

Os trabalhos de campo do Estudo Geoquímico Orientativo de Umuarama foram executados em maio/95 com equipes da MINEROPAR e do IAP, tendo sido coletadas amostras de sedimentos ativos de drenagem e água da rede hidrográfica superficial em 31 estações. As amostras de sedimentos foram subdivididas em 3 frações granulométricas sendo cada subamostra submetida a 2 ataques químicos diferentes (extração total e parcial) e as amostras de água foram divididas em 2 frações (total e filtrada). Foram dosados 37 elementos químicos nos laboratórios da GEOSOL, produzindo 9176 resultados analíticos, além da medida do pH, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura no campo. O Estudo Orientativo da Bacia Piloto de Campo do Tenente, foi executado em agosto/95 com equipes da MINEROPAR e EMATER/PR.

Em junho/95 foram acordados os trabalhos em parceria pela Minerais do Paraná S.A. - MINEROPAR e a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM, no Levantamento Geoquímico da Folha de Curitiba (em escala 1:100.000), visando a composição do panorama e dos impactos geoquímicos da porção norte da região metropolitana de Curitiba.

Também em julho/95 foi iniciado o Levantamento Geoquímico Multielementar de Baixa Densidade no Estado do Paraná. A amostragem está sendo realizada por técnicos extensionistas da EMATER/PR, envolvendo os 350 escritórios distribuídos por todo o Estado do Paraná. As amostras, serão preparadas no Laboratório da MINEROPAR sofrendo análise de varredura no Laboratório de Análises Minerais LAMIN/CPRM. Este levantamento fornecerá uma visão da paisagem geoquímica do Estado do Paraná, além de servir como embasamento para o Levantamento Geoquímico Regional de Alta Densidade com a coleta de cerca de 15.000 amostras em bacias hidrográficas de 25 Km².

Além dessas atividades, o SIGEP proporcionou através do Convênio MINEROPAR/SETI:

Em setembro/95, cooperação científica com o Serviço Geológico da Finlândia dirigida a integração de dados geoquímicos e preparação de mapas geoquímicos regionais como base para os Levantamentos Geoquímicos Regionais. Na mesma oportunidade, o SIGEP participou do workshop, assumindo a co-liderança do IGCP 259/360 junto com a CPRM, para a América do Sul Central e Caribe.

Em outubro/95, o SIGEP participou da Mesa Redonda sobre o "International Geochemical Mapping Project (IGCP-259-360)" atendendo convite da Comissão Organizadora do V Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa realizados em Niterói, RJ. No mesmo mês, o SIGEP recebeu a consultoria do Dr. Xie Xuejing da Academia Chinesa de Ciências e do Instituto de Exploração Geoquímica e Geofísica de Langfang, República Popular da China.

Em agosto/96, o SIGEP deverá atender ao convite da Comissão Organizadora do 30 Congresso Internacional de Geologia a ser realizado em Beijing em agosto de 1996, apresentando "Multi-level geochemical mapping project in Parana State, Brazil" na Mesa Redonda sobre o "International Geochemical Mapping Project (IGCP-259-360)".

Gerente do SIGEP

Distinção De Depósitos De Canal No Rio Paraná Pela Análise Discriminante

*Distinction of channel sand deposits in Paraná River
(Brazil) by discriminant-function analysis*

Oscar V. Fernandez*
Manoel L. Dos Santos**

RESUMO

Este trabalho trata da aplicação de análise multivariante, utilizando funções discriminantes para a distinção de depósitos arenosos no canal do Rio Paraná na região de Porto Rico (PR). Para tanto, foram coletadas amostras em quatro subambientes: dois tipos de barras (lateral e central) e dois tipos de canais (raso e profundo). Mediante esta técnica multivariante, foi possível classificar amostras desconhecidas utilizando as funções discriminantes. Os resultados obtidos expressam a importância, com restrições, desta técnica como ferramenta de classificação. O diâmetro médio foi o parâmetro granulométrico que mais contribuiu na distinção entre os depósitos.

Palavras-chave: Sedimentologia; Análise Discriminante; Rio Paraná.

ABSTRACT

This paper examines the distinction of channel sand deposits by means of a discriminant analysis along braided reach of Parana river, north-western Parana State, Brazil (figure 1). Samples were collected in the four channel environments: 1) central bar, 2) lateral bar, 3) wide, deep channel and 4) narrow, shallow channel. The basic objective of a discriminant analysis is to decide, on the basis of measured variables, to which of the two or more predefined groups, a particular unit of analysis should be classified. In this case, the analysis units were channel sand deposits. Sediment size parameters, defined by FOLK & WARD (1957) (mean, standard deviation, skewness and kurtosis), were used as discriminating variables. For the analysis, the GEOQUANT discriminant analysis program was used to get the linear functions. Mahalanobis distance values were applied to show graphically the spatial relationship sand deposits (figure 2). A test of the linear functions was done over the combined data sets for deposits with medium Mahalanobis distance (central bar vs lateral bar) and minimum Mahalanobis distance (wide, deep channel vs narrow, shallow channel). In the first case, a correct classification rate of 46,7 % was achieved and in the second only 2 of 12 samples (16,7 %) were correctly classified (figure 3). The results shows a limited use of the technique as tool classification. The mean has been recognized as the most important grain-size statistical parameter and so influencing deposits distinction.

Key Words: Sedimentology, Discriminant analysis, Parana River

* Pós-Graduando em Geociências, IGCE/UNESP/Rio Claro (SP).

** Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá.

INTRODUÇÃO

O trecho do Rio Paraná ora em apreço localiza-se na divisa dos Estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul (Figura 1). O rio apresenta neste trecho um padrão multicanal onde o canal principal se divide em dois braços secundários, separados por ilhas e barras arenosas de diversas dimensões. A largura do canal fluvial alcança até 4 km.

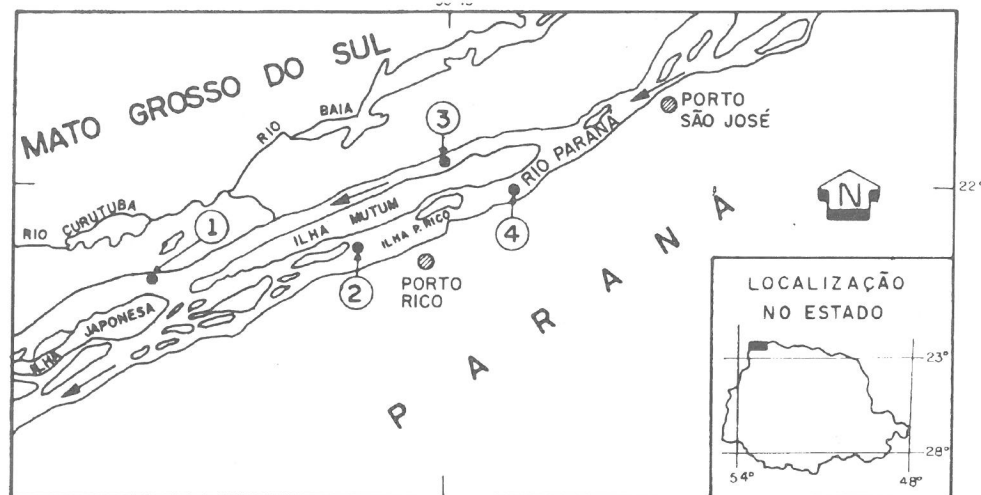


Fig. 1

Mapa de localização do trecho do Rio Paraná em estudo. Location map of the study reach in upper Paraná river.

O canal do rio apresenta uma sucessão de depósitos gerados em vários subambientes deposicionais (barra arenosa, dique marginal, bacia de inundação e rompimento de diques) que podem ser reconhecidos mediante análises morfofaciológicas (FERNANDEZ *et al.*, 1993). Entre estes depósitos, o mais comum no registro sedimentar é o da barra arenosa (SANTOS, 1991; SOUZA FILHO, 1993; STEVAUX, 1993; FERNANDEZ *et al.*, 1993; SANTOS & FULFARO, 1994).

STEVAUX (1993) dividiu os depósitos de barra arenosa em dois grupos: depósitos de barras arenosas propriamente ditas e depósitos de lençol arenoso. Os depósitos de barras arenosas propriamente ditos são corpos emersos em condição de nível médio do rio, e conforme sua distribuição espacial e faciológica, podem ser agrupados em dois tipos: barras centrais de canal e barras laterais (SANTOS *et al.*, 1992). As primeiras constituem corpos arenosos alongados, formados no centro dos canais principais; sua granulometria varia de areia muito grossa a areia muito fina. As barras laterais, por sua vez, desenvolvem-se nas proximidades das margens dos canais ou das ilhas, em consequência de barreiras topográficas que geram zonas de sombra, tornando-se sítios deposicionais extremamente ativos, devido a baixa energia do fluxo no local. Estes depósitos estão constituídos basicamente por areia fina. Os depósitos de lençol arenoso são constituídos pelas areias de carga de fundo que capeiam o leito do rio. Um levantamento sedimentológico e ecobatimétrico nos dois braços principais (figura

1) mostrou que o braço esquerdo apresenta sedimentos que variam de areia fina a areia grossa e profundidades que oscilam entre 5-10 m, enquanto que no braço direito a granulometria das areias varia de areia média a areia grossa e a profundidade oscila entre 3 e 5 m.

Buscando auxiliar a identificação destes depósitos arenosos no registro sedimentar, que por vezes é muito difícil, apresenta-se neste ensaio um método complementar na distinção dos mesmos, baseada na aplicação do método multivariante das funções discriminantes.

Historicamente, as funções discriminantes vêm sendo usadas na interpretação de ambientes deposicionais por vários autores (SAHU, 1964; LANDIM & FRANKS, 1968; GREENWOOD, 1969; DAVIES & ETHRIDGE, 1975; LANDIM & CASTRO, 1981) e na classificação de fácies granulométricas de superfície de fundo de corpos d'água costeiros (FELDHAUSEN & ALI, 1975, 1976). Nesse sentido, PONÇANO (1986) lembrou que o uso das técnicas de análises multivariantes parece ser um caminho promissor, desde que não encarado de um modo muito rígido. Modernamente, com propriedade, questiona-se o uso de métodos estatísticos aplicados em análises granulométricas para a distinção de ambientes sedimentares, já que ambientes distintos podem produzir conjuntos granulométricos semelhantes. Porém, parece-nos que esta ferramenta, quando aplicada em conjunto com as análises faciológicas e os elementos morfo-estratigráficos definidos por BRIERLEY (1991, a, b), torna-se um importante instrumento de comparação.

MÉTODOS

A análise multivariante utilizando funções discriminantes é aplicada para distinguir a qual de dois ou mais grupos uma amostra pertence, tendo como embasamento as mensurações realizadas previamente em amostras coletadas no mesmo depósito.

O objetivo é substituir o conjunto original das medições por um único valor D_i definido por:

$$D_i = \lambda_1 X_1 + \lambda_2 X_2 \dots \dots \dots \lambda_n X_n \quad (1)$$

onde D_i representa a função discriminante de dois grupos possíveis, X_n representam as variáveis e λ_n , seus respectivos coeficientes.

Conhecido o valor D_i da amostra, este será comparado com o D_o crítico, isto é, o valor situado no meio dos D médios de cada grupo, todos localizados ao longo da linha definida pela função discriminante. Assim, com a comparação do valor D_i da amostra com o D_o crítico, poderá conhecer-se a qual dos grupos a amostra pertence. Se o valor D_i calculado estiver fora do intervalo definido pelos D médios, a amostra não pertence aos dois grupos confrontados. A distância generalizada de Mahalanobis (D^2) mede a separação entre os D médios de cada grupo, expressada em unidades de variância combinada. Esta técnica multivariante também fornece a contribuição relativa, em porcentagem, de cada variável. Importantes fontes de informações adicionais sobre a técnica constituem os trabalhos de KLOVAN & BILLINGS (1967), DAVIS (1973) e LANDIM (1984).

AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS

Neste trabalho são considerados quatro subambientes deposicionais dos depósitos de barras arenosas: barras centrais de canal, barras laterais, canal direito (braço do rio em processo de assoreamento) e canal esquerdo, que contém o talvegue do rio. Centenas de amostras foram coletadas nas barras Porto Rico (barra central de canal) e Mato Grosso (barra lateral) por SANTOS (1991) e no leito de ambos os canais do rio durante o Projeto "Análise Geoambiental e Ecotoxicológica da Planície Aluvial do Rio Paraná em Porto Rico, PR" (Convênio FUEM-FINEP, Processo 1432/88) entre 1988 e 1989. As amostras de areia foram submetidas à análise granulométrica convencional (peneiramento a seco). Os parâmetros estatísticos granulométricos utilizados como variáveis neste trabalho foram calculados segundo as fórmulas de FOLK & WARD (1957).

As amostras utilizadas nesta análise foram selecionadas por meio de sucessivos sorteios convencionais, através do qual foram obtidas quatro matrizes: 1) matriz barra central (44 amostras vs 4 variáveis); 2) matriz barra lateral (50 amostras vs 4 variáveis); 3) matriz canal direito (41 amostras vs 4 variáveis) e 4) matriz canal esquerdo (44 amostras vs 4 variáveis). As variáveis utilizadas nas matrizes foram: diâmetro médio (Med), desvio-padrão (DP), assimetria (Ass) e curtose (Curt), todas em escala phi.

Neste trabalho foi empregado o pacote estatístico GEOQUANT de propriedade da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM).

RESULTADOS

A) matriz barra central vs matriz barra lateral

Função Discriminante:

$$Di = 0,117DP + 0,137Ass - 0,028Curt - 0,130Med \quad (2)$$

Do crítico: - 0,25119

D médio para matriz barra central: - 0,18712

D médio para matriz barra lateral: - 0,31526

Distância de Mahalanobis D^2 : 12,814

O número de amostras mal classificadas para ambas as matrizes é igual a três. A variável de maior contribuição porcentual foi o diâmetro médio (121,23 %) seguida da curtose (6,38 %).

B) matriz barra central vs matriz canal direito

Função Discriminante:

$$Di = -0,001DP + 0,069Ass + 0,023Curt + 0,060Med \quad (3)$$

Do crítico: 0,100

D médio para matriz barra central: 0,1369

D médio para matriz barra canal direito: 0,0663

Distância de Mahalanobis D^2 : 7,06

As amostras mal classificadas totalizam cinco, sendo que duas amostras correspondem a matriz barra central e três a matriz canal direito. O diâmetro médio aparece como variável de maior contribuição porcentual, com 93,12 % e, em segundo lugar, a assimetria, com 5,51 %.

C) matriz barra central vs matriz canal esquerdo (talvegue)

Função Discriminante:

$$Di = -0,043DP + 0,089Ass + 0,023Curt + 0,046Med \quad (4)$$

Do crítico: 0,06139

D médio para matriz barra central: 0,08132

D médio para matriz canal esquerdo: 0,04146

Distância de Mahalanobis D^2 : 3,99

O número de amostras mal classificadas, totaliza sete para cada matriz. Esta quantidade é considerada relativamente alta. A variável que mais contribuiu para a discriminação foi o diâmetro médio (63,63 %), seguido pelo desvio-padrão (15,94 %).

D) matriz barra lateral vs matriz canal direito

Função Discriminante:

$$Di = -0,061DP - 0,017Ass + 0,008Curt + 0,069Med \quad (5)$$

Do crítico: 0,08049

D médio para matriz barra lateral: 0,16445

D médio para matriz canal direito: -0,00348

Distância de Mahalanobis D^2 : 16,79

O número de amostras mal classificadas neste caso é inexpressivo, existindo somente uma amostra enquadrada nesta condição na matriz canal direito. A variável que mais contribuiu foi o diâmetro médio com 95,55 %, aparecendo a seguir o desvio-padrão com 4,52 %.

E) matriz barra lateral vs matriz canal esquerdo (talvegue)

Função Discriminante:

$$Di = -0,116DP - 0,012Ass + 0,0169Curt + 0,097Med \quad (6)$$

Do crítico: 0,13057

D médio para matriz barra lateral: 0,21409

D médio para matriz canal esquerdo: 0,04705

Distância de Mahalanobis D^2 : 16,70

Neste caso o número de amostras mal classificadas também é extremamente baixo, sendo que a única amostra nesta condição foi detectada na matriz barra lateral. O diâmetro médio foi a variável mais importante na separação de ambas as matrizes com 101,09 % seguido da curtose com apenas 2,95 %.

F) matriz canal direito vs matriz canal esquerdo (talvegue)

Função Discriminante:

$$Di = 0,011DP + 0,0046Ass - 0,0006Curt - 0,021Med \quad (7)$$

Do crítico: -0,01178

D médio para matriz canal direito: - 0,00456

D médio para matriz canal esquerdo: - 0,01900

Distância de Mahalanobis D^2 : 1,44

Neste último caso, o número de amostras mal classificadas é extremamente alto. A matriz canal direito possui 11 amostras e a matriz canal esquerdo nove amostras mal classificadas. Novamente, o diâmetro médio foi a variável de maior peso na distinção entre ambos os depósitos com 86,18 %, aparecendo o desvio-padrão em segundo lugar com uma contribuição porcentual de 12,65 %.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A utilização do método multivariante das funções discriminantes para distinguir quantitativamente os depósitos de canal mostrou-se válida, em decorrência da

diferença granulométrica apresentada pelos mesmos. A distribuição granulométrica das amostras coletadas nos subambientes considerados vêm mostrar a grande variação da energia do fluxo imperante num rio multicanal como o caso do Paraná.

A dessemelhança entre os depósitos é exemplificada através de uma representação gráfica da distância D^2 de Mahalanobis onde os subambientes considerados ocupam os vértices do polígono (figura 2). Os valores D^2 são usados como medidas de separação entre os depósitos. Através desta figura, constata-se que os depósitos de barras laterais diferem significativamente dos seus pares centrais e dos sedimentos que capeiam o leito dos canais direito e esquerdo. Esta grande discrepância decorre da queda brusca da velocidade do fluxo nas áreas protegidas, sítios de evolução de barras laterais onde chegam, basicamente, as frações finas transportadas em suspensão. Nas áreas próximas às barras centrais e no leito de ambos os braços, predominam fluxos cujas velocidades variam constantemente, permitindo a contínua deposição e remoção das areias (SANTOS *et al.*, 1992; SANTOS & FULFARO, 1994).

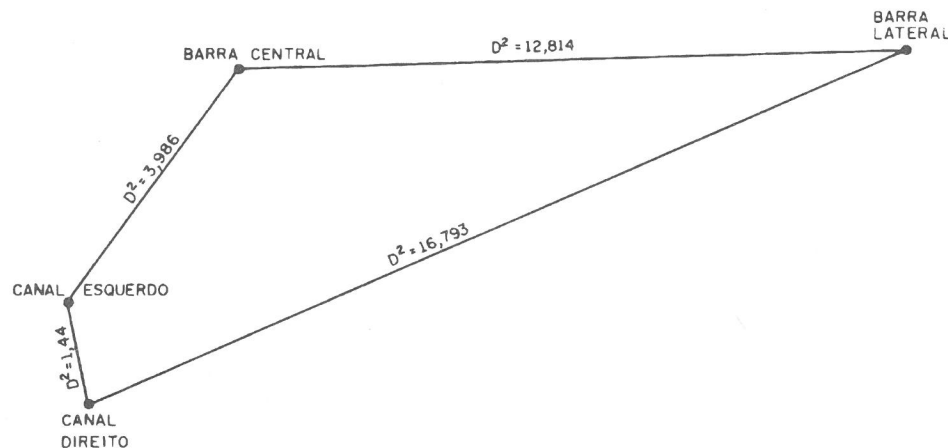


Fig. 2

Representação esquemática das distâncias de Mahalanobis (D^2) correspondentes aos depósitos de canal do Rio Paraná. Schematic relationship of channel sand deposits in Paraná river, based on Mahalanobis distances values (D^2).

Dentre os parâmetros granulométricos considerados como variáveis, o diâmetro médio foi indicado pela análise discriminante como sendo a variável que mais contribuiu para a discriminação entre os tipos de depósitos. Empregando a mesma técnica de análise, SANTOS (1991) verificou que a mesma variável influenciou substancialmente na discriminação das amostras coletadas nas barras centrais e laterais no mesmo trecho do rio aqui estudado. O fato de que o diâmetro médio seja a principal variável na discriminação dos depósitos evidencia a grande discrepância textural existente entre os depósitos de canal do Rio Paraná no trecho de Porto Rico (PR).

Para testar a eficácia como instrumento de classificação das funções discriminantes obtidas nesta pesquisa, foram empregadas outras amostras coletadas nos depósitos considerados e que não foram utilizadas nas análises realizadas. Para tanto, foram confrontados pares de depósitos cujas distâncias D^2 de Mahalanobis apresen-

taram valores extremos. Assim, foram escolhidas 12 amostras coletadas nos braços direito e esquerdo (valor D^2 mínimo) e 15 amostras coletadas nas barras lateral (barra Mato Grosso) e central (barra Porto Rico) (valor D^2 médio) (figura 3). No primeiro confronto apenas duas amostras (16,7 %) foram classificadas corretamente (figura 3 A), e no segundo, sete amostras obtiveram uma correta classificação (46,7%) (figura 3 B). Nesta última figura note que as amostras mal classificadas estão próximas dos seus respectivos campos, porém bastante distantes entre si não ocorrendo, portanto, a mistura de amostras como observado na figura 3 A. Este exemplo de aplicação das funções discriminantes mostra que a eficácia de classificação das mesmas é diretamente proporcional ao valor da distância D^2 de Mahalanobis dos grupos confrontados (figura 2), sendo portanto, mais eficaz quanto maior for a distância entre os depósitos considerados, como por exemplo a comparação entre as barras centrais e laterais.

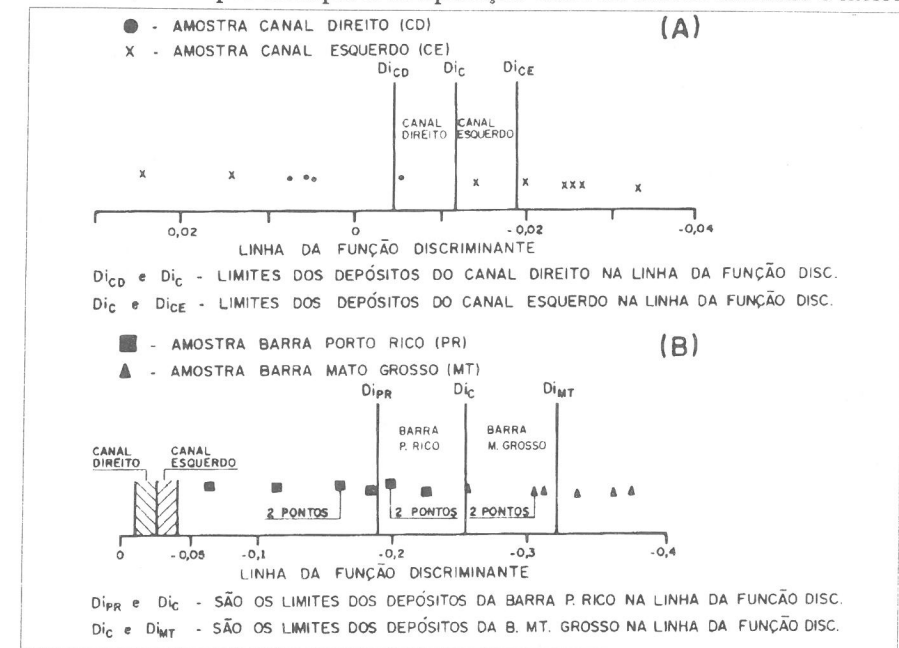


Fig. 3

Aplicação das funções discriminantes na classificação de amostras pertencentes aos depósitos com distância de Mahalanobis mínima (canal direito vs canal esquerdo, A) e com distância de Mahalanobis média (barra lateral-barra central, B). Application of discriminant functions for classification of samples collected in deposits with Mahalanobis distance minimum (wide, deep channel vs narrow, shallow channel, A) and Mahalanobis distance maximum (lateral-central bars, B).

CONCLUSÕES

A aplicação do método multivariante das funções discriminantes nas amostras coletadas nos depósitos de canal do Rio Paraná na região de Porto Rico (PR) mostrou a possibilidade de seu uso como meio auxiliar na classificação de depósitos similares presentes nas ilhas e planícies do rio. Mediante um exemplo prático, demonstrou-se a relativa capacidade classificatória das funções obtidas, cuja eficácia é diretamente proporcional a distância de Mahalanobis dos depósitos confrontados. O diâmetro médio foi o parâmetro granulométrico que mais contribuiu para a distinção dos tipos de depósitos, mostrando-se um parâmetro sensível para a distinção entre ambientes

de baixa energia (barras laterais) e alta energia (barras centrais, canais direito e esquerdo).

Esta ferramenta não substitui e tampouco prescinde das análises faciológicas e morfológicas necessárias para a classificação dos depósitos sedimentares de ambientes fluviais, mas revela-se um razoável instrumento para o estudo dos depósitos de canal em ambientes recentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIERLEY, G. J. Bar sedimentology of the Squamish river, British Columbia: definition and application the morphostratigraphic unites. *Journal Sedimentary Petrology*, v.61, n.2, p.211-225, 1991 a.
- BRIERLEY, G. J. Flood plain sedimentology of the Squamish river, British Columbia: relevance of the element analysis. *Sedimentology*, v.38, p.735-750, 1991 b.
- DAVIES, D. K. ; ETHRIDGE, F.G. Sandstone composition and depositional environment. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, v.59, n.2, p.239-264, 1975.
- DAVIS, J.C. *Statistics and data analysis in geology*. New York : John Wiley & Sons, 1973. 530 p.
- FELDHAUSEN, P. H. ; ALI, S. A. Sedimentary facies of Barataria Bay, Louisiana, determined by multivariate statistical techniques. *Sedimentary Geology*, v.14, p.259-274, 1975.
- _____. ; _____. Sedimentary environmental analysis of Long Island Sound, USA, with multivariate statistics. In: MERRIAM, D.F. (Ed) *Quantitative Techniques for the Analysis of Sediments*. New York : Pergamon Press, 1976. p. 73-98.
- FERNANDEZ, O. V. Q. ; SANTOS, M. L. dos ; STEVAUX, J. C. Evolução e características faciológicas de um conjunto de ilhas no rio Paraná, região de Porto Rico (PR). *Boletim de Geografia*, Universidade Estadual de Maringá, v.11, n.1, p.5-15, 1993.
- FOLK, R. L. ; WARD, W. C. Brazos River: a study in significance of grain parameters. *Journal Sedimentary Petrology*, v.27, p.2-26, 1957.
- GREENWOOD, B. Sediment parameters and environment discrimination: an application of multivariate statistics. *Canadian Journal Earth Science*, v.6, p.1347-1358, 1969.
- KLOVAN, J. E. ; BILLINGS, G. K. Classification of geological samples by discriminant-function analysis. *Bull. Canadian Petroleum Geol.*, v.15, n.3, p.313-330, 1967.
- LANDIM, P. M. B. *Análise de dados multivariantes em geologia*. Laboratório de Geomatemática/UNESP/Campus de Rio Claro, São Paulo : Publicação Didática, 1984, 80 p.
- _____. ; FRANKES, L. A. Distinction between tills and other diamictites based on textural characteristics. *Journal Sedimentary Petrology*, v.38, p.1213-1223, 1968.
- _____. ; CASTRO, P. R. M. Distinção entre areias côlicas e praiaais pela análise discriminante. *Notícia Geomorfológica*, v.1, p.41-60, 1981.
- PONÇANO, W. L. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, v.16, n.2, p.157-170, 1986.
- SAHU, B. K. Depositional mechanisms from size analysis of clastic sediments. *Journal Sedimentary Petrology*, v.34, p.73-83, 1964.
- SANTOS, M. L. dos. *Faciologia e evolução de barras de canal do rio Paraná na região de Porto Rico (PR)*. Rio Claro, 1991. Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP/Campus de Rio Claro, 113 p.
- _____. ; FERNANDEZ, O. V. Q. ; STEVAUX, J. C. Aspectos morfogênicos das barras de canal do rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR. *Boletim de Geografia*, Universidade Estadual de Maringá, v.10, n.1, p.11-24, 1992.
- _____. ; FULFARO, V. J. 1994. Arquitetura e faciologia das macroformas arenosas ocorrentes no canal do rio Paraná em seu curso superior. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Balneário Camboriú (SC), *Boletim de Resumos...*, Balneário Camboriú, 1994, SBG, v.1, p.387-389. 1994.
- STEVAUX, J. C. *O rio Paraná superior: geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária*. São Paulo, 1993. Tese de Doutorado, IG/USP, 223 p.

SOUZA FILHO, E. E. *Aspectos da geologia e da estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera e Guaíra*. São Paulo, 1993. Tese de Doutorado, IG/USP, 180 p.1993.