



LEQUES ALUVIAIS NA CALHA DO RIO PARANÁ: MORFOMETRIA E RELAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS

Edvard Elias de Souza Filho - Mestrando em Sensoriamento Remoto – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – DSR/INPE - cremon@dsr.inpe.br;

Édipo Henrique Cremon - UEM/GEMA – Universidade Estadual de Maringá / Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente - edvardmarilia@wnet.com.br

RESUMO

A calha do curso do rio Paraná em seu trecho superior é marcada por um conjunto de leques aluviais que se desenvolveram entre seus terraços colúvio-aluviais e a planície aluvial por drenagens tributárias. Suas formas atuais e sua bacia hidrográfica de captação podem fornecer bons parâmetros dos condicionantes necessários sobre suas respectivas origens. Com isso, variáveis morfométricas foram utilizadas na quantificação dos leques e suas respectivas bacias de captação através de dados SRTM e imagens multi-espectrais. Também foram analisadas bacias vizinhas que não formam leques. Pode-se concluir que as bacias que não formam leques são devido a sua grandeza que com mais água no sistema fluvial possui maior capacidade de erosão, diminuindo assim o gradiente topográfico. A forma e o tamanho das bacias de captação influenciam na forma e no tamanho dos leques. Aplicações em outros leques de outras partes do mundo, inclusive megaleques colaborariam nessa análise.

Palavras-chave: leques aluviais, morfometria, rio Paraná.

ABSTRACT

The valley of Upper Paraná River shows a set of alluvial fans that had developed between its terraces. Variables morphometrics was used in quantification of fans and its capitation basin through of DEM SRTM and multi-spectrals images. Also it was analyzed basins that not form fans. It can be concluded that the basins without alluvial fans are because it spatial size, where with more water in fluvial system has better erosion capacity, diminishing the topographic slope gradient in the edge of the terrace. The morphology and size capitation basin provide the morphology and size fans. Applications in others alluvial fans of world, also megafans, would collaborate in this analysis.

Key-words: alluvial fans, morphometry, Paraná River.



1. INTRODUÇÃO

A calha do curso do rio Paraná em seu trecho superior é marcada por um conjunto de leques aluviais que se desenvolveram entre seus terraços colúvio-aluviais e a planície aluvial por drenagens tributárias. Muitos destes já foram mapeados em alguns trabalhos (SOUZA FILHO, 1993; STEVAUX; 1993; FORTES; 2003; SANTOS *et al*, 2008), entretanto ainda não foi realizada uma abordagem específica sobre estas feições.

Os leques aluviais constituem num importante objeto de estudo na análise geomorfológica e quaternária. Suas formas atuais e sua bacia hidrográfica de captação podem fornecer bons parâmetros dos condicionantes necessários sobre suas respectivas origens. Com isso, variáveis morfométricas podem auxiliar na quantificação dessas formas e posterior interpretação das mesmas.

Dentre os diversos estudos geomorfológicos realizados ao longo da calha do rio Paraná, a análise morfométrica dos leques aluviais e de suas bacias de captação ainda não foi realizada. Vários trabalhos na literatura já foram desenvolvidos com boas correlações estatísticas entre algumas variáveis da bacia de captação com os leques (p.e. BULL, 1964; RYDER, 1971; SCALLY & OWENS, 2004; AL-FARRAJ & HARVEY, 2005; ZANI, 2008; entre outros).

Uma questão que desperta interesse é o fato de nem todos os tributários que atravessam os terraços formam leques. Sendo assim, a busca de relações geomorfológicas pela morfometria é importante para entender se a origem destas formas é oriunda dos mesmos processos morfogenéticos, se existe algum limite natural (umbral) para que esses leques se desenvolvam e também para verificar uma razão para as bacias e seus respectivos cursos fluviais que não formaram leques.

Parte-se da hipótese de que as condições homogêneas de substrato geológico, clima, tectônica e cobertura vegetal foram decisivas para as bacias que formam os leques tenham parâmetros aproximados e os correlacionem quanto sua gênese.

Este trabalho visa abordar os leques aluviais da calha do rio Paraná, em seu curso livre de barramentos no território brasileiro, através da análise de variáveis morfométricas, no intuito de verificar as relações entre as bacias de captação, os leques e a existência de algum



padrão morfológico dessa interação, colaborando assim no entendimento dos processos morfogenéticos dos mesmos.

No trecho em que o canal do rio Paraná não está represado, entre a U.H.E. de Porto Primavera e Guaíra (PR), foram determinados cinco cursos fluviais que formam leques, sendo eles o córrego Pindaíba, córrego Nundaí, córrego Fumaça, o córrego Baile e o ribeirão Esperança, onde foram analisados os leques e bacia de captação dos mesmos.

Os leques desses cursos fluviais escolhidos se desenvolvem todos no Terraço Baixo do rio Paraná, sendo que a bacia de captação dos córregos Pindaíba, Nundaí e Fumaça drenam a Formação Caiuá (K), antes de formarem leques, enquanto o córrego Baile e o ribeirão Esperança drenam a Formação Caiuá e posteriormente os depósitos do Terraço Alto e Médio (SOUZA FILHO, 1993), antes de formarem os leques.

Também foram analisados mais três cursos fluviais adjacentes aos acima citados que não desenvolvem leques, sendo os rios Samambaia, Curupaí e Laranjaí. As bacias de captação desses cursos foram analisadas a montante do limite com o Terraço Baixo, já que é nessa grande unidade geomorfológica onde ocorrem os leques abordados neste trabalho. O mapa de localização das bacias e leques analisados está na Figura 1 e a distribuição do substrato a que estão assentados na Figura 2.

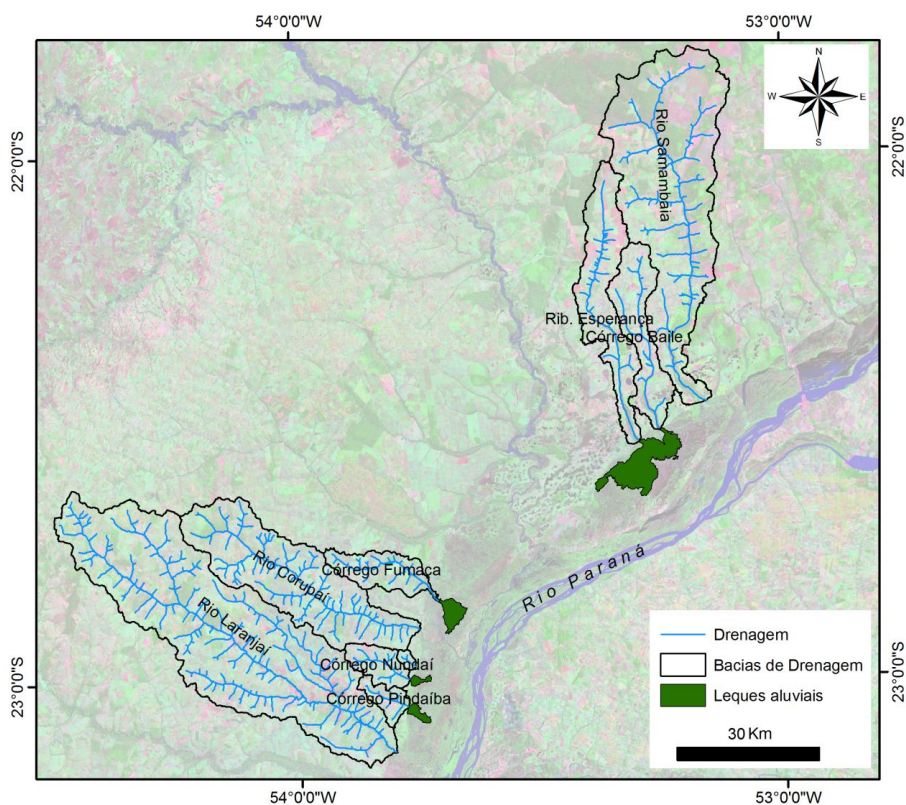




Figura 1. Unidades do estudo

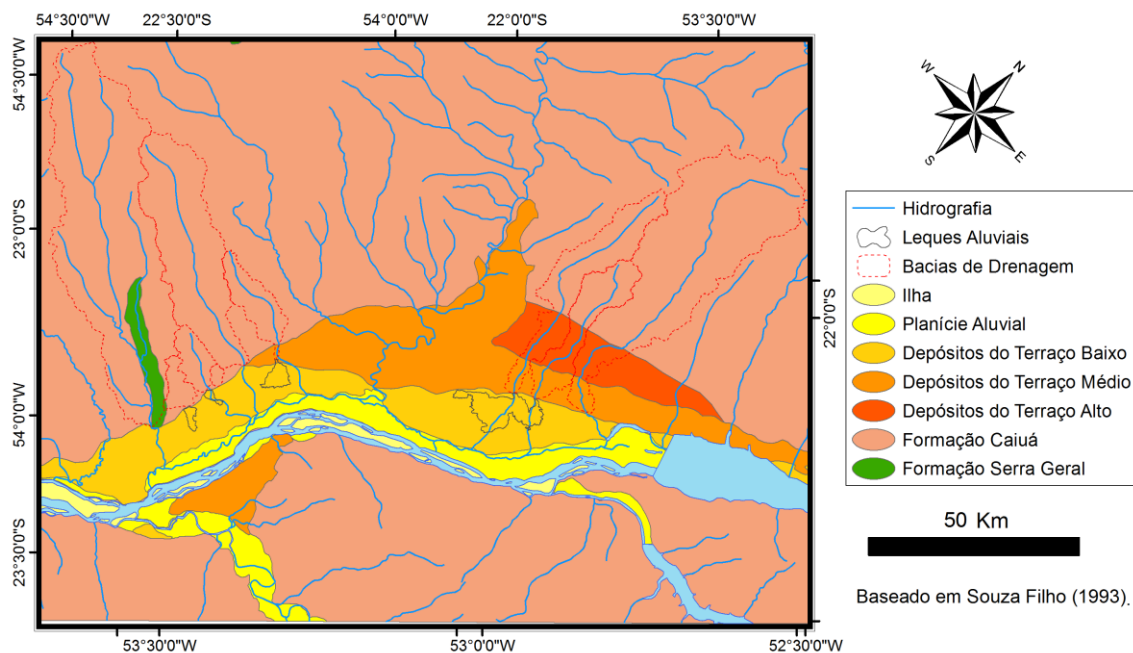


Figura 2. Substrato geológico, bacias de drenagem e leques estudados

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Como base de dados de informação topográfica, este trabalho utilizou os dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) versão 4, disponíveis em forma de MDE (modelo digital de elevação). Tendo em vista que a densidade informação contida nesses dados são superiores às tradicionais cartas topográficas disponíveis da região, além do fato de ter boa aplicabilidade para áreas de baixa variação topográfica (p.e. VALERIANO & ROSSETTI, 2008).

Foi realizado o pré-processamento proposto por Valeriano (2004), onde através do método geoestatístico da krigagem (ou krigeagem), são interpolados os dados de 3" arcosegundos (~90m) de resolução espacial para um novo MDE com 1" arco-segundo (~30m), com isso é possível que o pixel seja refinado, permitindo uma melhoria na extração de variáveis morfométricas. Para a determinação da rede de drenagem, foram utilizadas imagens multi-espectrais dos sensores Terra/ASTER e LANDSAT TM-5, com 15 e 30 m de resolução espacial, respectivamente, através de interpretação visual.



Na análise morfométrica das bacias de captação e dos leques, as variáveis utilizadas para representar algumas das características geomorfológicas da bacia e dos leques foram: a área (km²), perímetro (km), comprimento dos canais para a bacia (km), densidade de drenagem para a bacia (km/km²), circularidade (adimensional), amplitude altimétrica (m), declividade média (%) e o índice de rugosidade.

A delimitação da bacia de drenagem foi feita no software ArcGIS 9.x com a extensão *ArcHidro* com base no MDE SRTM refinado, considerando apenas a bacia de captação de drenagem da cabeceira de cada leque. Já para a delimitação da hidrografia e dos leques aluviais foi utilizada a ferramenta *Editor*, onde estas feições foram verificadas por interpretação visual. Para o cálculo de área em km², perímetro (Km) e comprimento dos canais (Km), foi utilizada a extensão *Xtools*. A maioria das demais variáveis é oriunda desses parâmetros primários. O significado de cada variável morfométrica e suas respectivas importâncias podem ser encontradas nos trabalhos de Christofolletti (1980, 1981), Hugget (2007) e Shumm (2005).

Além das variáveis que refletem os leques apenas em sua morfologia analisada em planta, na planimetria, neste trabalho optou-se por buscar uma variável que expressasse a morfologia do leque em três dimensões, tendo em vista os processos de acreção vertical e lateral que dominam este sistema fluvial de leques. É comum em trabalhos morfométricos envolvendo leques, analisar estas feições apenas em duas dimensões (p.e. SCALLY & OWENS, 2004), por isso neste trabalho buscou-se utilizar o valor estimado do volume desses leques, por se entender que seria uma variável de grande representatividade.

Através dos dados SRTM refinados, uma maneira simples de se obter o volume é a subtração de dois MDEs, onde se tem uma superfície digital de base e outra de topo para tal procedimento. Para a superfície de topo, foi recortado o MDE SRTM (~30 m), o polígono correspondente de cada leque, em projeção UTM (métrica). Para a superfície de base, uma alternativa encontrada foi a obtenção de amostras altimétricas circundantes a cada leque, que em formato tabular (X,Y,Z) que foram interpoladas para gerar uma superfície hipotética onde os teria ocorrido a deposição. Quando duas matrizes, especificadas como alta e baixa superfície, possuem os mesmos limites XY e com o mesmo tamanho é possível calcular o volume subtraindo essas superfícies. Com os dados utilizados em unidades métricas, foi possível obter o valor em m³. A equação para a obtenção do volume é:



$$\text{Volume} \approx \frac{\Delta y}{2} [A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{nCol1} + A_{nCol}] \quad (1)$$

onde:

Δx é o espaçamento vertical da matriz

Δy é o espaçamento horizontal das colunas

$G_{i,j}$ são os valores da matriz dos dados nas linhas i por colunas j

O método utilizado para a interpolação das amostras foi da Análise de Superfície de Tendência por regressão polinomial. A regressão polinomial dos dados se dá de acordo com a ordem do polinômio almejado para a análise (LANDIM, 2003). Para o cálculo de primeiro grau, os dados são ajustados a uma superfície linear (plana), para o segundo grau o ajuste é para um parabolóide, assim por diante de modo que quanto maior o grau da superfície, mais ela tende a se ajustar a uma superfície de maior complexidade aos dados amostrados (Figura 3).

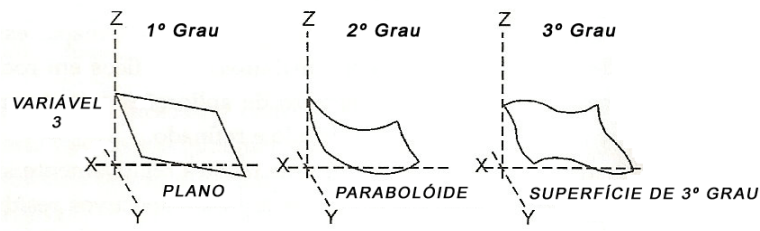


Figura 3. Comportamento espacial de variáveis de acordo com a ordem do polinômio (Adaptado de Landim, 2003)

No trabalho foi feita regressão polinomial de terceiro grau (equação 2), onde os dados amostrados se ajustam a uma superfície de maior complexidade no intuito de se obter uma superfície hipotética da base dos leques. Com base nos dados de volume e área é possível (dividindo o primeiro pelo segundo) obter o valor de espessura, que corresponde a um valor normalizado.

$$z(x,y) = A + Bx + Cy + Dx^2 + Exy + Fy^2 + Gx^3 + Hx^2y + Ixy^2 + Jy^3 \quad (2)$$



onde: Z corresponde aos dados, no caso, altimétricos que são estimados espacialmente. X e Y nas coordenadas X_i e Y_i (variáveis independentes)

A vetorização das amostras altimétricas circundantes aos leques e a exportação em formato tabular ASCII (XYZ) foi feita através do software *Global Mapper*, que em seguida foram enviados para o software *Surfer 8* para interpolação. Na comparação entre as variáveis, foi feita uma regressão polinomial das variáveis morfométricas levantadas, através do software *Statistica 7*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o MDE SRTM refinado por krigagem para 30 metros, as variáveis morfométricas anteriormente descritas foram calculadas para cada bacia de captação analisada, sendo assim foi possível obter:

Tabela 1. Variáveis morfométricas das bacias de captação

	Área (km ²)	Dd (km/km ²)	Ic	Amp (m)	Dm (%)	IR
Córrego Pindaíba	55,2453	0,4065	0,2305	113	10,01	45,93
Córrego Nundaí	85,3438	0,4357	0,2998	143	13,35	62,31
Córrego Fumaça	140,4163	0,4515	0,2249	148	8,86	66,82
Córrego Baile	244,1982	0,2860	0,1599	186	9,31	53,20
Ribeirão Esperança	369,7537	0,2796	0,1093	191	8,93	53,40
Rio Curupaí	661,9347	0,4533	0,2141	206	9,07	93,38
Rio Samambaia	1142,7610	0,2455	0,1737	221	12,66	54,26
Rio Laranjaí	1531,4932	0,3959	0,1904	258	11,59	102,16

(Dd = densidade de drenagem; Ic = índice de circularidade; Amp = amplitude da bacia; Dm = declividade média da bacia; e IR = índice de rugosidade)



Avaliando apenas as variáveis de densidade de drenagem e o índice de circularidade (Figura 4), é possível notar que os córregos Pindaíba, Nundaí e Fumaça juntamente com os rios Curupaí e Laranjaí possuem valores aproximados, enquanto o ribeirão Baile, o córrego Esperança e o rio Samambaia se enquadram num outro conjunto de valores próximos. Isso se deve ao substrato que compõem cada bacia. O primeiro conjunto tem sua drenagem da bacia de captação percorrendo sobre a Formação Caiuá, enquanto o segundo conjunto tem a Formação Caiuá nas partes altas de cada bacia e transacionam para os depósitos do Terraço Alto e do Terraço Médio, que são mais arenosos (SOUZA FILHO, 1993; STEVAUX, 1993).

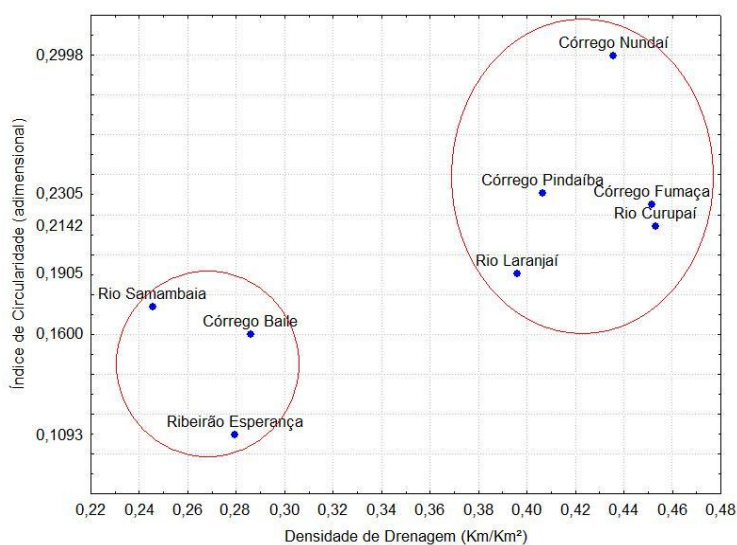


Figura 4. Relação entre o índice de circularidade com a densidade de drenagem

Estabelecer a relação entre o índice de circularidade e a densidade de drenagem é importante para destacar a morfologia e os condicionantes físicos, não levando em consideração o tamanho da bacia. Por exemplo, pela Figura 4 o córrego Fumaça e o rio Curupaí possuem valores próximos já que estão assentadas sobre o mesmo substrato, entretanto proporcionalmente são sistemas fluviais distintos na ordem de grandeza se avaliar a área de cada bacia e amplitude altimétrica das mesmas.

A análise comparativa dos cursos fluviais que formam leques com os demais que não formam, mostra que estes últimos apresentam bacias de captação e amplitude altimétrica bem maiores aos que possuem leques.

O que se pode deduzir é que como as bacias de drenagem maiores, numa mesma região climática em relação às menores, possuem mais água no sistema, possuindo maior



capacidade de erosão, com isso no desnível entre os patamares formados pelo Terraço Médio ou da Formação Caiuá com o Terraço Baixo, os canais desses cursos maiores apresentam maior entalhamento, apresentando baixo gradiente topográfico, não possuindo uma ruptura de declive acentuada, que é um fator básico à formação de leques.

Avaliando a área da bacia com a sua amplitude altimétrica numa correlação por regressão polinomial de segundo grau (Figura 5), se tem um ajuste onde quanto maior a área da bacia, maior se tem a amplitude.

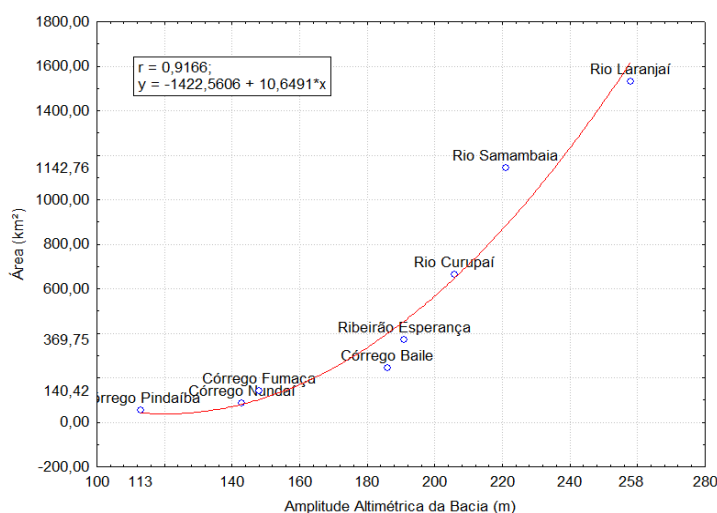


Figura 5. Relação entre a área das bacias de captação com a amplitude das bacias

Para analisar os dois leques formados pelas bacias do ribeirão Baile e do córrego Esperança, foi levado em consideração que eles são coalescentes e uma distinção das duas formas deposicionais seria inviável. Sendo assim, toda a análise que se queira fazer sobre esses dois leques deve levar em consideração ambos como um conjunto. O mesmo é verdadeiro para suas bacias de captação, ou seja, as relações entre esses leques devem ter suas respectivas bacias consideradas também agrupadas. Com isso, as variáveis morfométricas dessas bacias foram agrupadas para proceder a uma comparação nesse sentido, para o denominado conjunto “Baile-Esperança”. Nesse caso, os valores de densidade de drenagem, índice de circularidade, amplitude e rugosidade foram ponderados percentualmente de acordo com área proporcional de cada bacia (Tabela 2). Já para os leques, os resultados obtidos estão resumidos na Tabela 3. **Dados morfométricos dos leques:**



Tabela 2. Variáveis morfométricas das bacias de captação do ribeirão Baile e do córrego Esperança agrupados

Bacias	Área (km ²)	Dd	Ic	Amp	Dm	IR
Baile-Esperança	613,952	0,2828	0,1346	188,5	9,12	53,3024

Tabela 3. Dados morfométricos dos leques

	Área (km ²)	Perímetro (Km)	Ic	Declividade (%)	Volume (km ³)	Espessura média (m)
Córrego Pindaíba	9,565	17,2914	0,4021	1,6181	50,5417	5,2838
Córrego Nundaí	5,835	14,2555	0,3609	1,7818	31,7629	5,4429
Córrego Fumaça	23,148	26,6501	0,4096	1,5216	120,2711	5,1956
Baile-Esperança	98,338	86,2033	0,1663	1,4905	631,1708	6,4183

Com esses dados, algumas correlações foram verificadas no intuito de observar se há relação entre algumas variáveis das bacias de captação com os leques e se essas são proporcionais ou inversas. Para isso alguns cuidados devem ser tomados. Ao comparar os dados deve-se levar em conta a proporcionalidade e o tipo de medida que estes representam, para não fazer comparações equivocadas. Por exemplo, dados como o índice de circularidade, a densidade de drenagem e a espessura média dos leques estão implícitos de uma normalização, independentes da escala espacial, como a área e a amplitude, sendo assim a comparação entre si são favoráveis. Já os dados como área, perímetro, amplitude e volume representam a idéia de proporção numa escala espacial, o que inviabiliza uma comparação com dados normalizados, mas que são ideais para uma comparação entre si.

Analisando o índice de circularidade e a densidade de drenagem, verifica-se que estas duas primeiras possuem relação inversa com a espessura média dos leques, conforme Figura 6 e Figura 7.

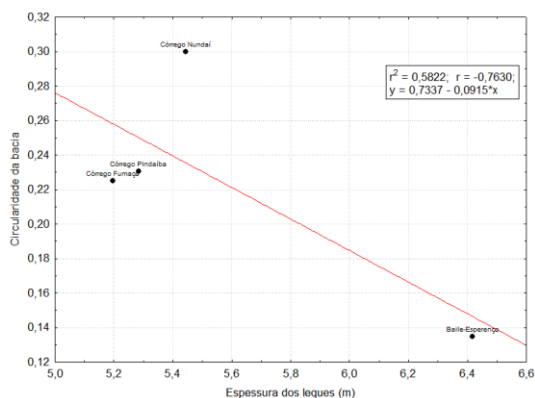


Figura 6. Relação entre o índice de circularidade da bacia pela espessura média dos leques

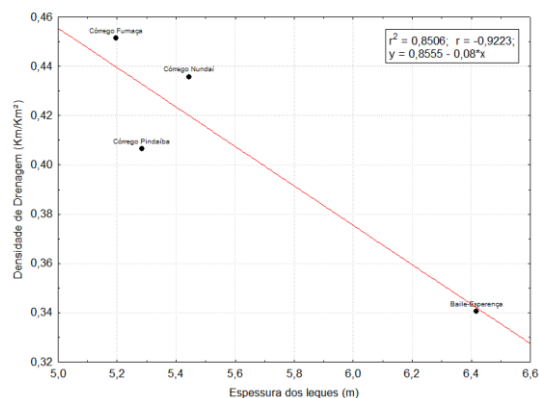


Figura 7. Relação da Densidade de drenagem com a espessura média dos leques

No caso da circularidade, embora a correlação tenha sido média com um r^2 de 0,5822 e r de -0,7630, além do pouco número de amostras, a relação inversa faz sentido, pois as bacias mais alongadas possuem uma resposta fluvial mais rápida de eventos de precipitação e consequentemente na produção de sedimentos. A água que cai na vertente caminha mais rápido até o canal fluvial. Como os leques estudados provavelmente se desenvolveram de forma mais intensa num clima mais seco que o atual, é de se supor que em eventos de precipitação torrenciais, o rápido escoamento da água das vertentes com o transporte de sedimentos, devido a morfologia alongada da bacia, fazia com que os canais transportassem grande volume sedimentar e se entulassem no desnível de um patamar pro outro construindo assim os leques.

Já entre a densidade de drenagem e a espessura média dos leques, os dados tiveram uma boa correlação inversa com um r^2 de 0,8506 e r de -0,9223. Na literatura, como Schumm (2005), é comum encontrar relatos onde a densidade de drenagem possui uma relação proporcional com a produção de sedimentos, diferentemente em parte do que foi obtido aqui. A explicação para isso é simples: os substratos mais porosos dos depósitos do Terraço Alto e Médio (SOUZA FILHO, 1993), presente nas bacias do córrego Baile e ribeirão Esperança favorecem a uma menor densidade de drenagem, em contrapartida, essas mesmas coberturas propiciam a uma maior erodibilidade, que acarreta numa maior produção de sedimentos e consequentemente na espessura média dos leques.



Também foi comparada a área do leque com a área da bacia e a relação da área das bacias com o volume dos leques e foi obtida uma boa correlação linear proporcional dessas variáveis, conforme Figura 8 e Figura 9:

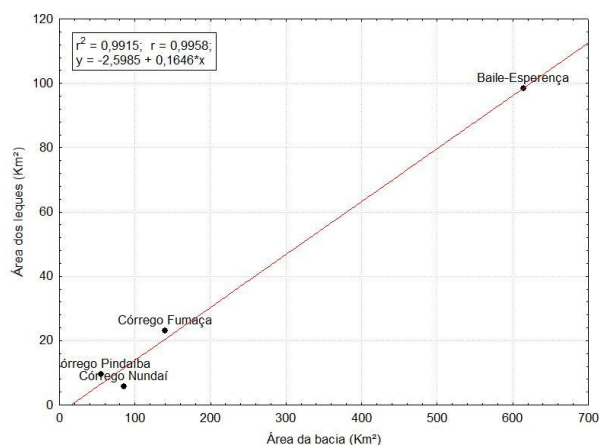


Figura 8. Relação entre a área do leque com a área da bacia em km².

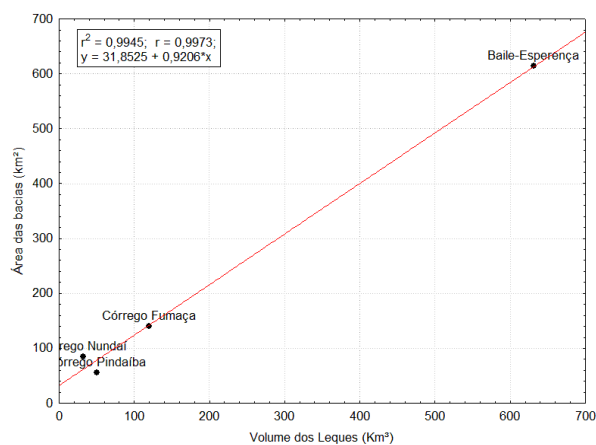


Figura 9. Relação entre a área das bacias com o volume dos leques.

Na relação utilizando as variáveis de índice de rugosidade e declividade média da bacia e do leque com outra variável nenhuma correlação significativa foi possível de se estabelecer.

Outro enfoque de análise desses leques se refere a geometria das bacias de captação com a geometria dos leques com seus respectivos tamanhos. Para isso foi utilizado como variável, a área (variável proporcional) dividido pelo índice de circularidade (inversamente proporcional), tanto da bacia como do leque. Esta variável visa denotar a proporcionalidade da área e sua forma e foi a relação que apresentou a melhor correlação linear dos dados aqui analisados e mostram que a forma e o tamanho da bacia de captação condicionará proporcionalmente a forma e o tamanho do leque, onde foi obtido um r² de 0,9990 e r de 0,9995, expresso na Figura 10.

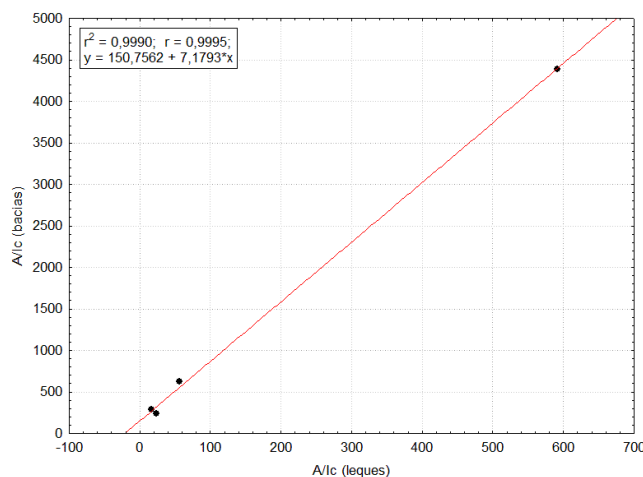


Figura 10. Relação entre A/Ic das bacias de captação pela A/Ic dos leques.

Esse tipo de comparação é relevante, pois na literatura consultada nenhum trabalho havia estabelecido tal análise. O gráfico apresenta que, pelo menos para esses leques na calha do rio Paraná, a relação entre o tamanho da bacia e sua forma influenciam diretamente no tamanho e na forma dos leques.

4. CONCLUSÃO

1. Os cursos fluviais que atravessam os patamares da calha do rio Paraná e não formam leques aluviais só puderam ser analisados através de variáveis referentes às bacias de captação, em que foi possível observar que estes correspondem às maiores bacias analisadas nesse trabalho. Sendo assim, pode-se inferir que os cursos fluviais sem leques são aqueles que possuem maior descarga fluvial, o que permitiu a escavação do leito e a eliminação do desnível entre os patamares geomorfológicos. Os cursos fluviais menores, com baixa energia, mantiveram os desníveis e foram mais propícios para a formação dos leques.

2. Os leques possuem as suas respectivas bacias de drenagem em substratos distintos o que conseqüentemente gerou leques com volumes e espessuras médias diferentes. Nas bacias que em parte estão assentadas sobre os depósitos do Terraço Alto e Médio e mais a Formação Caiuá (ribeirão Baile e córrego Esperança), os leques originados possuem um maior volume e espessura média de sedimentos, provavelmente relacionada a uma maior erodibilidade da área fonte. Enquanto os leques oriundos de bacias de captação assentados apenas sobre a



Formação Caiuá (córregos Nundaí, Curupaí e Fumaça), estes terão menor volume de sedimentos e também de espessura, já que o aporte sedimentar é oriundo do manto de alteração da Formação Caiuá que é provavelmente menos friável em relação aos depósitos dos terraços Alto e Médio.

4. É possível concluir que os leques aluviais presentes na calha do Alto rio Paraná são produtos da geometria e do relevo das suas bacias de captação. A área da bacia pela sua forma (A/Ic) tem uma alta correlação com a área pela forma dos leques analisados. Esta relação teve um excelente ajuste estatístico e os valores de r^2 foram maiores do que o encontrado por os autores consultados em análises morfométricas com outras variáveis.

5. Leques de outras partes do mundo corroborariam para um melhor entendimento da relação entre a área pelo índice de circularidade (A/Ic) da bacia com o leque, inclusive para megaleques (*megafans*), porém deve ter especial atenção para leques coalescentes para evitar mensurações redundantes.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Tecnologia), proc. 121615/2009-0, pela concessão da bolsa de iniciação científica. E à Otávio Cristiano Montanher (GEMA/UEM), Edgardo M. Latrubesse (University of Austin, Texas) e Hiran Zani (DSR/INPE) pelas sugestões e críticas.

6. REFERÊNCIAS

AL-FARRAJ, A. & HARVEY, A. M. Morphometry and depositional style of Late Pleistocene alluvial fans: Wadi Al-Bin, northern UAE and Oman In: HARVEY, A. M. et al, **Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics**. Geological Society, London, Special Publications, 251p., 2005.

BULL, W. B. Geomorphology of segmented alluvial fans in western Fresno County, California, U.S. Geological Survey Prof. Paper, 352-E, 89-129, 1964b



CHIRSTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª edição, São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1980.

CHIRSTOFOLETTI, A. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem In: **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, 21 (42): p. 3-22, dez. 1981.

FORTES, E. **Geomorfologia do baixo curso do rio Ivinhema, MS: uma abordagem morfogenética e morfoestrutural**. 2003, 199p. Tese de doutorado - Inst. Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro. 2003.

HUGGET, R. J. **Fundamentals of Geomorphology**. Ed. Taylor & Francis, London and New York, 2007

LANDIM, P.M.B. (2003) **Análise estatística de dados geológicos**. Editora UNESP, São Paulo, 2º ed.

RYDER, J. M. (1971) Some aspects of the morphometry of paraglacial alluvial fans in south-central British Columbia. *Canadian Journal of Earth Sciences* **8**(10): 1252–1264.

SANTOS, M. L.; STEVAUX, J. C.; GASPARETTO, N. V. L.; SOUZA FILHO, E. E. Geologia e Geomorfologia da Planície Aluvial do Rio Ivaí - PR. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, p. 23-34, 2008.

SCALLY, F. A. & OWENS, A. I. F. Morphometric controls and geomorphic responses on fans in the southern alps, New Zealand In: *Earth Surf. Process. Landforms* **29**, 311–322 (2004)

SCHUMM, S. A. **River Variability and Complexity**. Ed. Cambridge University Press, New York, ed. 1, 2005.



SOUZA FILHO, E. E. **Aspectos da Geologia e Estratigrafia dos Depósitos Sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**, Tese de doutorado - Inst. Geociências, USP, São Paulo: pp. 214, 1993.

STEVAUX, J.C. **O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação, e evolução quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico, PR)**. Tese de doutorado - Inst. Geociências, USP, São Paulo: pp.242, 1993.

VALERIANO, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: 72 p. (INPE-10550-RPQ/756), 2004. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://mtcm12.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57>>. Acesso em: 12 set. 2007.

VALERIANO, M. M. & [ROSSETTI, D. F.](#) Topographic modeling of Marajó Island with SRTM data. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, p. 53-63, 2008.

ZANI, H. **Mudanças morfológicas na evolução do Megaleque do Taquari: uma análise com base em dados orbitais**. 2008. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2008.