

## VARIAÇÃO LONGITUDINAL DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GRANULOMETRICOS NOS SEDIMENTOS DE FUNDO NO RIO MARRECCAS, REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ

### LONGITUDINAL VARIATION OF BED SEDIMENTS IN MARRECCAS RIVER, SOUTHWESTERN REGION OF PARANÁ STATE, BRAZIL

Constantino Eleuthério da Luz  
Mestre em Geografia Rua Bela Vista, 133 - Bairro Cango - Francisco Beltrão – PR.  
constantinoluz@hotmail.com.

Oscar Vicente Quinonez Fernandez  
Professor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) -Campus de Marechal Cândido Rondon - Colegiado de Geografia.  
oscar.fernandez@unioeste.br.

#### RESUMO

O artigo trata sobre a variação longitudinal das características texturais dos sedimentos de fundo no rio Marrecas, localizado na região Sudoeste do Paraná. A totalidade da bacia do rio Marrecas (858,52 km<sup>2</sup>) esta inserida em terrenos de idade cretácea formada por rochas basálticas da Formação Serra Geral que formam planaltos caracterizados por dissecação média e alta, topos alongados e, vertentes convexas e retilíneas. A coleta de sedimentos de fundo foi executada entre dezembro de 2009 e janeiro de 2010 com amostrador de mandíbula tipo “van veen” em locais situados preferentemente nas imediações dos principais afluentes e em trechos de acesso fácil às margens do rio. Os sedimentos arenosos e rudáceos foram analisados mediante técnicas de peneiramento e emprego de cascalhometro. Foram calculados os seguintes parâmetros estatísticos: diâmetro médio, mediana, grau de seleção, assimetria e curtose. Foi observada uma nítida granodrecrescência dos sedimentos de fundo em direção à jusante, alterada localmente pelo aporte de sedimentos pelos afluentes. O grau de seleção não mostrou nenhuma tendência e variou de moderadamente a muito pobremente selecionado. A assimetria mostrou uma tendência de variação de valores positivos nos trechos superiores para valores negativos nos trechos inferiores, enquanto que a curtose exibiu uma passagem de valores platicúrticos para leptocúrticos em direção à jusante. O predomínio da forma esférica nos sedimentos de fundo foi atribuído a decomposição esferoidal do basalto.

**Palavras-chave:** Parâmetros estatísticos granulométricos; Rio Marrecas; Perfil longitudinal.

#### ABSTRACT

The work examines the downstream grain size fining phenomenon as it operates in the bed sediments in the Marrecas River, located in South West region of Paraná state, Brazil. The area of basin has 858.52 km<sup>2</sup> and is inserted in Cretaceous age rocks composed of basalts of the Serra Geral Formation with plateaus characterized by dissecting medium and high, elongated tops and slopes convex and straight. The bed sediments samples were collected in December 2009 and January 2010 with a van Veen sampler. The sandy and coarse sediments were analyzed by sieving techniques and use of gravelometer device. The calculated grain-size statistical parameters were: mean, median, sorting, skewness and kurtosis. The trends observed particle size showed a clear downstream fining of bed sediments, changed locally due to the contribution of sediments by tributaries and dam. The sorting showed no trend with values ranged from moderately to very poorly. Skewness shows a trend of variation of positive values in the upper reaches of the river for negative values in the lower reaches, while the kurtosis showed a slight tendency passing values platikurtic to leptokurtic. The predominance of spherical shape in bed sediments was attributed to spheroidal weathering of the rock.

**Keywords:** Grain-size statistical parameters; Marrecas River; Longitudinal profile.

*Artigo recebido em 1 de Outubro/2014  
Aceito em 10 de Dezembro/2014*

## 1. INTRODUÇÃO

Na análise do comportamento espacial dos sedimentos de fundo em ambiente fluvial, podemos identificar o conceito de “tendência granulométrica” para definir a variação longitudinal de parâmetros estatísticos granulométricos ao longo do curso fluvial. As tendências granulométricas são resultados da atuação de processos do transporte como abrasão, transporte seletivo e a mescla de sedimentos procedentes de diversas fontes (McLaren, 1981). Estas tendências ocorrem devido à variação da energia do ambiente controlados por diversos fatores tais como: morfologia do leito fluvial, tipo e disponibilidade dos sedimentos, distância de transporte, etc. Podemos citar com exemplo de tendência granulométrica a diminuição do tamanho dos sedimentos fluviais de montante em direção à jusante (granodecrescência) (downstream fining).

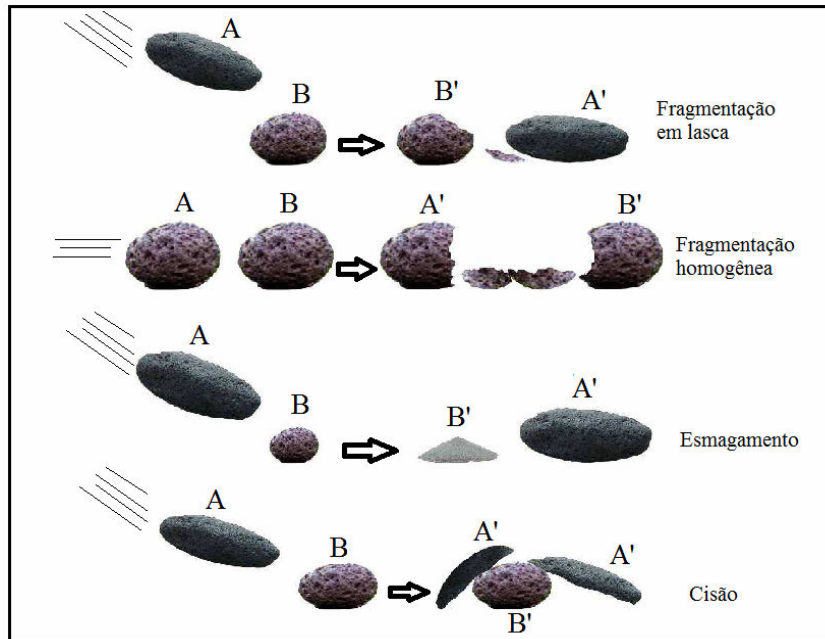
A granodecrescência é uma particularidade apresentada pelos sedimentos de fundo em cursos fluviais com as mais variadas características, tamanho da bacia, climas e aspectos geológicos. Os primeiros estudos executados sobre o tema mostraram que a abrasão e o transporte seletivo dos sedimentos são os principais processos que provocam a granodecrescência dos sedimentos (Sternberg, 1875; Daubrée, 1879 apud Frings, 2004). Estudos posteriores corroboraram essas conclusões (Knighton, 1982; Parker, 1991a, b). Outros autores demonstraram que este fenômeno pode ser originado por diversos outros fatores como: as condições de mobilidade dos sedimentos (Gasparini et al., 2004), a fonte dos sedimentos (Rodoan et al., 2007), a influencia do nível de base local (Ferguson et al., 1996), o assoreamento do leito (Seal et al., 1997; Gomez et al., 2001), a concavidade do perfil longitudinal (Gasparini et al., 2004), entrada lateral de sedimentos através dos afluentes (Knighton, 1999, 1980; Ichim e Rãdoane, 1990; Rice e Church, 1998; Rice, 1999) e as intervenções humanas (Surian, 2002).

Abrasão é definida como um desgaste, moagem ou fragmentação sofrida pelos sedimentos fluviais durante o transporte. A abrasão é um termo genérico para descrever os processos pelo quais os impactos das partículas provocam uma redução mecânica no tamanho do sedimento individual presente no leito fluvial. A figura 1 mostra os mecanismos de fragmentação que os sedimentos sofrem devido às colisões durante o transporte.

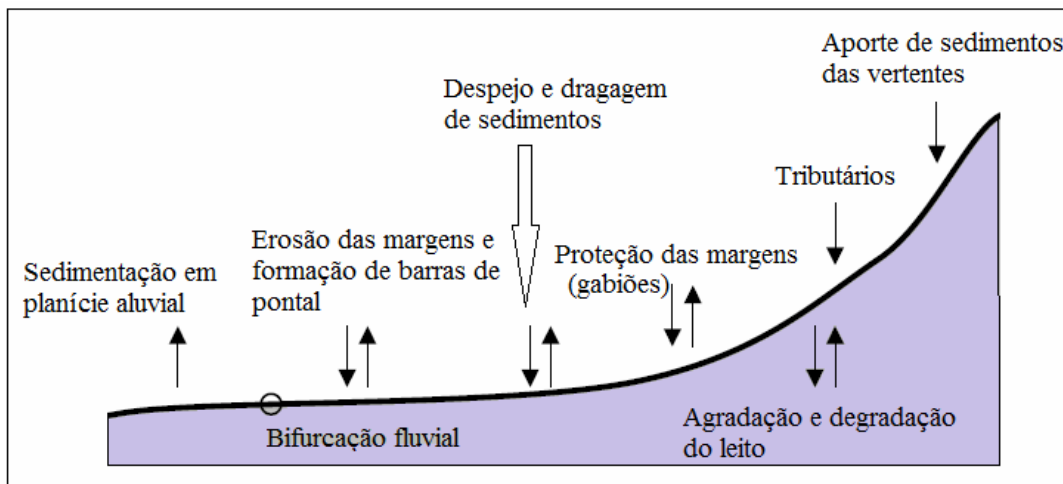
A taxa de abrasão é uma função do diâmetro dos sedimentos, velocidade das partículas, litologia e arredondamento de grãos, distribuição das partículas e a resistência física dos materiais (Kodama, 1992). As partículas oriundas de diversos tipos de rochas têm diferente grau de resistência à abrasão. Morris e Williams (1999) e, Abbott e Peterson (1978) realizaram experimentos em laboratório para conhecer a resistência à abrasão dos diferentes tipos de rochas. Estes experimentos elencaram a dureza de algumas rochas comparadas à escala de Mohs: mármore (2,5 a 6), basalto (3 a 6), xisto, gabro e obsidiana (5 a 6), granodiorito, gneiss e riolito (6 a 7), quartzito (7) e chert (6,5 a 7,5). Portanto, a origem e a estrutura das rochas em transporte assim como os processos de fragmentação determinam os tipos de fragmentos resultantes (Figura 1) produzem como consequência o fenômeno da granodecrescência dos sedimentos em direção à jusante.

Frings (2004) apresenta os principais processos fluviais que influenciam na adição, subtração ou distribuição de sedimentos de fundo no ambiente fluvial desde a nascente até a foz (Figura 2).

O presente trabalho visa estudar a variação longitudinal das características texturais dos sedimentos de fundo no rio Marrecas, região Sudoeste do Paraná (Figura 3) através dos parâmetros estatísticos granulométricos e da esfericidade das partículas nas amostras com sedimentos rudáceos.



**Figura 1** - Processos de fragmentação dos sedimentos de fundo (Modificada de Coles, 2007). As colisões das partículas A e B geram as partículas A' e B'.

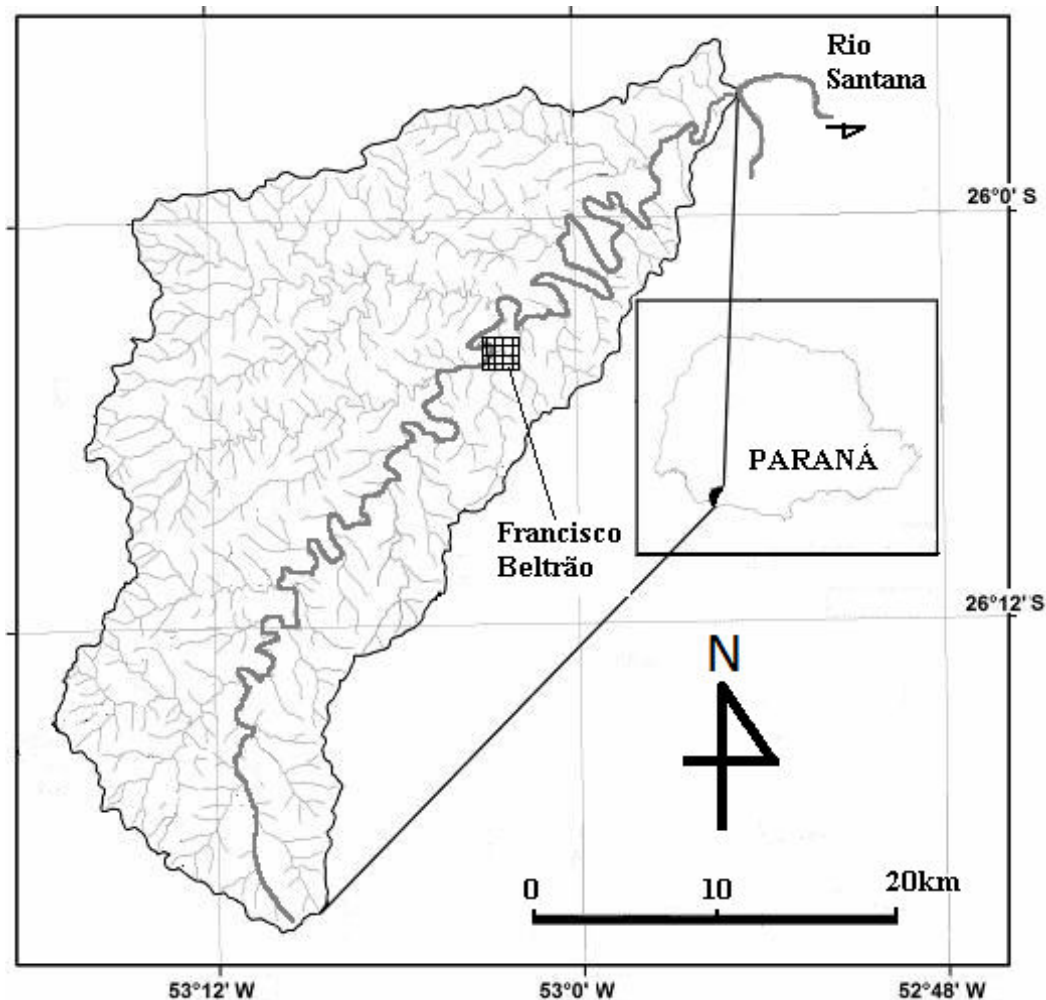


**Figura 2** - Processos fluviais que adicionam, extraem ou distribuem sedimentos ao longo do canal fluvial (Frings, 2004).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

A bacia do rio Marrecas drena uma área de 852,82 km<sup>2</sup> e pertence a bacia do rio Iguaçu que deságua no rio Paraná a poucos quilômetros da cidade de Foz do Iguaçu. O rio Marrecas leva esta denominação a partir da junção dos rios Araça e Verde. A bacia se caracteriza pela forma assimétrica, com maior desenvolvimento de tributários na margem esquerda (Figura 3). Análises topográficas e da disposição da rede de drenagem sugerem influência tectônica no desenvolvimento dessa assimetria (Paisani et al., 2005).



**Figura 3** - Localização da bacia hidrográfica do rio Marrecas, região sudoeste do Estado do Paraná. (Modificado de Paisani et al., 2008).

Na região afloram rochas basálticas da Formação Serra Geral de idade cretácea (Nardy et al., 2002) que integra a unidade morfoestrutural da bacia sedimentar do Paraná, a qual é dividida em sub-unidades morfoesculturais definidas por planaltos. A região Sudoeste do Paraná está inserida no Terceiro Planalto Paranaense, cujo relevo regional é caracterizado por um grau de dissecação média e alta, topos alongados com cristas e, vertentes convexas e retilíneas (Santos et al., 2006). A origem dos planaltos na bacia sedimentar do Paraná está relacionada com a evolução da Plataforma Sulamericana. O levantamento epirogenético da Plataforma ocorrida desde o Cretáceo Superior até o limite Paleógeno-Neógeno (Franco-Magalhães et al., 2010) soergueu toda a região, submetendo a área de estudo a um contínuo processo de dissecação.

A bacia do rio Marrecas é caracterizada pelo clima Cfa (classificação Köppen) com estações bem definidas ao longo do ano, invernos frios com temperaturas médias inferiores a 16°C, verões quentes com temperatura superior aos 30°C e chuvas regulares ao longo do ano (Martins, 2003). A vazão média do rio na estação fluviométrica de Francisco Beltrão (Código ANA 65950200) (vide figura 3) é de 8,90 m<sup>3</sup>/s para o período 2002-2008, largura do canal nesta estação é de 20 m e a extensão do canal principal é de 146,6 km (Luz, 2011).

## 2.2. Coleta de Amostras e Análise Granulométrica

A seleção dos pontos de coleta dos sedimentos de fundo foi definida em gabinete com auxílio de carta topográfica (escala 1:50.000) obedecendo a dois principais requisitos: a) os pontos de interesse devem estar localizados preferentemente nas imediações dos principais afluentes do rio Marrecas e b) facilidade de acesso

às margens do rio através de estradas secundárias. As amostragens foram realizadas navegando rio abaixo com canoa a remo e um assistente a bordo de caiaque. Esta equipe foi acompanhada por terra por outros assistentes a bordo de um carro.

O amostrador de mandíbula do tipo Van Veen foi empregado para coletar as amostras de fundo. A análise granulométrica das amostras arenosas foi realizada pelo método convencional do peneiramento (Suguio, 1973) no Laboratório de Análise de Formações Superficiais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus de Francisco Beltrão. As amostras compostas por grânulos e seixos foram analisadas empregando um cascalhometro que consiste num gabarito de placa fina de alumínio (1 mm de espessura) com aberturas quadradas destinadas a medição individual das partículas (Fernandez e Arndt, 2008).

O tratamento estatístico dos dados granulométricos foi realizado pelo programa GRANULO (UNESP). O referido programa calcula os percentis 5, 16, 25, 50, 75, 84 e 95 da distribuição e os parâmetros estatísticos granulométricos baseados nas equações de Folk e Ward (1957) em escala phi. Os parâmetros analisados são: o diâmetro médio, grau de seleção, curtose e assimetria.

O diâmetro médio das partículas reflete a média geral de tamanho dos sedimentos, sendo afetada pela fonte de suprimento do material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente (Suguio, 1973).

O desvio padrão ou grau de seleção dos sedimentos é relacionado ao retrabalhamento dos depósitos fluviais e reflete variações nas condições do fluxo (velocidade e turbulência) no ambiente deposicional (Ponçano, 1986). Este parâmetro varia de extremamente mal selecionado a muito bem selecionado.

A curtose é a medida que retrata o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência. A medida de curtose relaciona a razão entre as dispersões na parte central e nas caudas das curvas de frequência. As curvas platicúrticas são caracterizadas por caudas de sedimentos mais finos e mais grossos, indicando mistura de populações distintas. Nas distribuições leptocúrticas, os sedimentos são bem selecionados na parte central da distribuição (Suguio, 1973).

A assimetria tem sido usada com sucesso na identificação de ambientes em que predomina deposição (assimetria positiva) e remoção seletiva (assimetria negativa) (Duane, 1964) e varia de assimetria muito positiva a assimetria muito negativa

A esfericidade dos sedimentos rudáceos foi calculada para determinar as formas dominantes das partículas adotando a classificação de Zingg (1935 apud Dias, 2004). Para tanto, foram medidos os eixos maior, intermediário e menor dos clastos com paquímetro em amostras com maior proporção de seixos. Zingg (*op. cit.*) utiliza as relações entre os eixos: maior (a), intermediário (b) e menor (c) dos clastos para classificá-los em quatro formas sendo: discóide ( $b/a > 2/3$  e  $c/b < 2/3$ ), esférica ( $b/a > 2/3$  e  $c/b > 2/3$ ), alongada ( $b/a < 2/3$  e  $c/b > 2/3$ ) e laminar ( $b/a < 2/3$  e  $c/b < 2/3$ ).

A coleta dos sedimentos de fundo no leito do rio Marrecas foi realizada entre dezembro de 2009 e janeiro de 2010. Ao todo, foram coletadas 27 amostras, distribuídas desde a porção superior da bacia até a sua foz (Figura 4). Na figura 5 é ilustrado o perfil longitudinal do rio Marrecas, confeccionado a partir das cartas topográficas de Francisco Beltrão (MI 2861-2), Renascença (MI 2862-1) e Campo Erê (MI 2861-4) (escala 1:50.000), juntamente com a indicação dos pontos de amostragem de sedimentos de fundo, a entrada dos principais tributários e a localização da barragem Camilotti. Esta barragem, com aproximadamente 3 m de altura, foi construída em alvenaria de basalto em 1968 para produção de energia e desativada em 1994, mantendo abertas desde então as duas comportas (Luz, 2011).

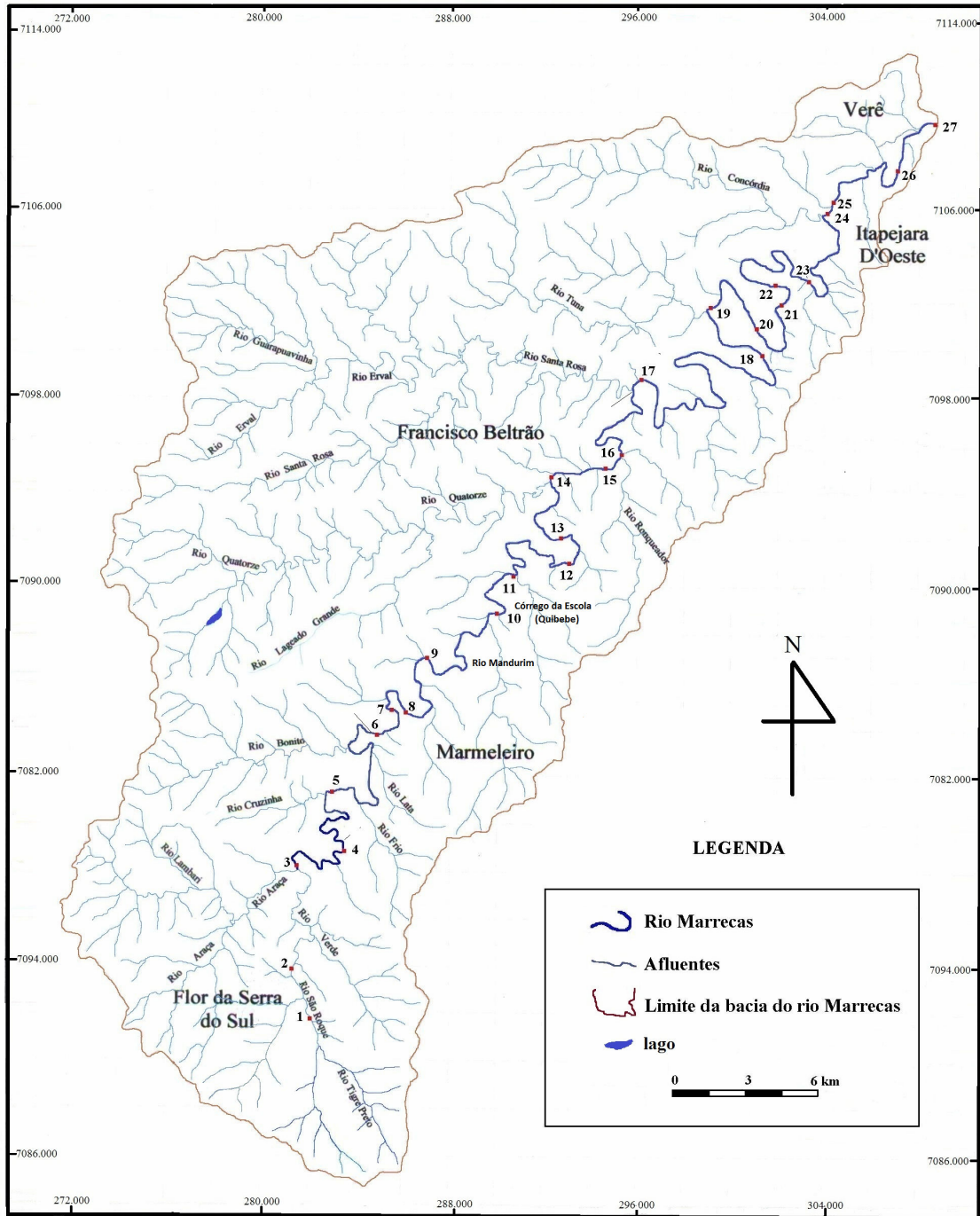
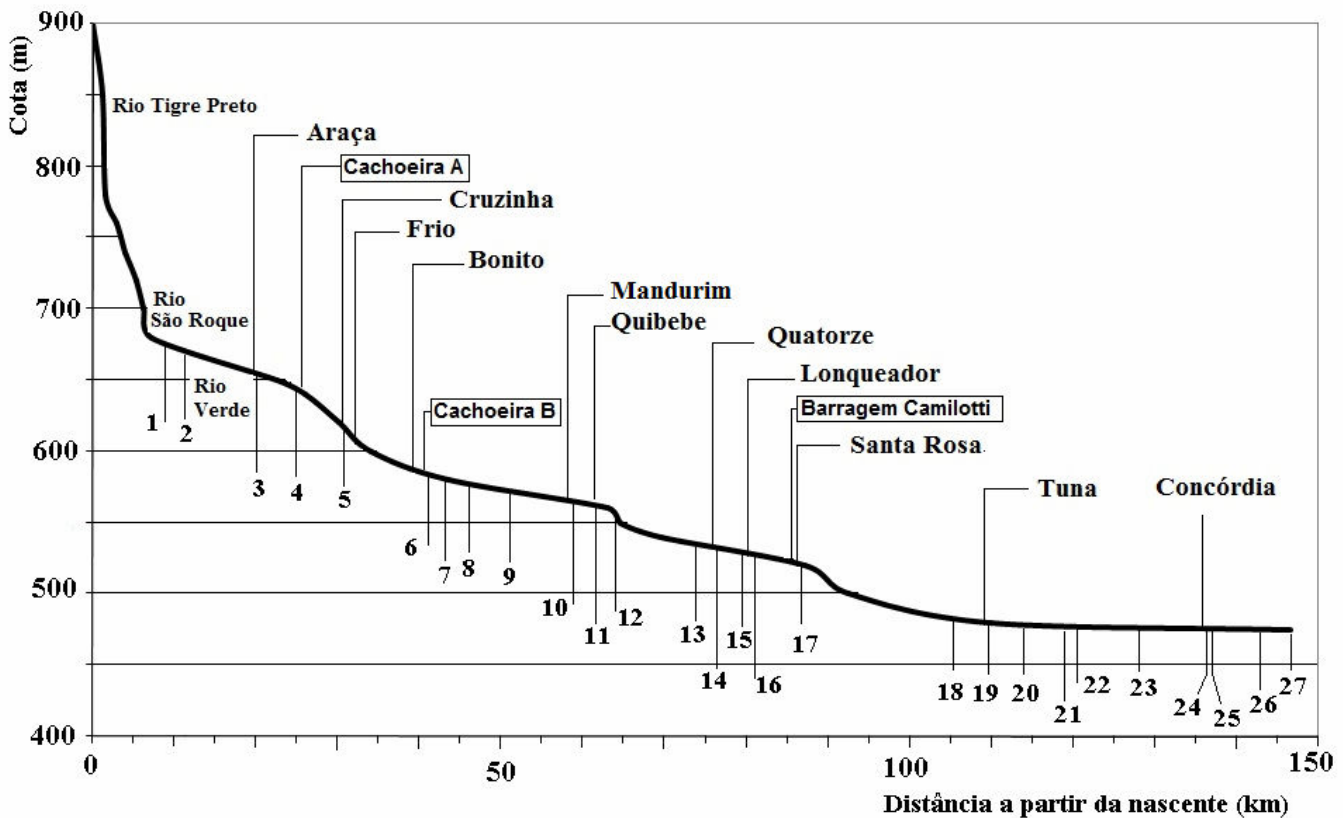


Figura 4 - Localização dos pontos de coleta de sedimentos de fundo no rio Marrecas.



**Figura 5** - Perfil longitudinal do curso principal do rio Marrecas. São destacadas: a localização dos pontos de amostragem dos sedimentos de fundo, a entrada dos principais afluentes, as duas principais cachoeiras e obstáculo artificial (barragem) (Luz, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Variação longitudinal dos parâmetros estatísticos granulométricos

A curva de ajuste definida pelo método de regressão linear tanto para diâmetro médio ( $M_z$ ) como para a mediana ( $D_{50}$ ) no rio Marrecas evidencia a nítida tendência da granodecrescência dos sedimentos de fundo em direção à jusante (Figura 6). O índice de determinação ( $R^2$ ) para ambos os parâmetros mostrou-se semelhante variando de 0,416 para a mediana e 0,471 para o diâmetro médio.

O aumento do tamanho dos sedimentos logo após a entrada dos afluentes é um fenômeno bem definido no rio Marrecas. A jusante da foz dos rios Araçá, Bonito, Quatorze, Santa Rosa, Tuna e Concórdia, este fenômeno é observado e a tendência de granodecrescência é interrompida localmente (Figura 6). A jusante da entrada dos tributários, o trabalho seletivo do fluxo e a abrasão das partículas atuam novamente, promovendo o reinício do processo de diminuição do tamanho das partículas.

A taxa de redução do tamanho dos sedimentos ao longo do perfil longitudinal é um assunto estudado em várias partes do mundo (Nordin et al., 1979; Mertes e Meade, 1985; Simons e Sentürk, 1992; Strasser, 2008). Adotando a equação da regressão, a taxa de redução do diâmetro médio foi de 0,042 mm/km ao longo de 138,5 km.

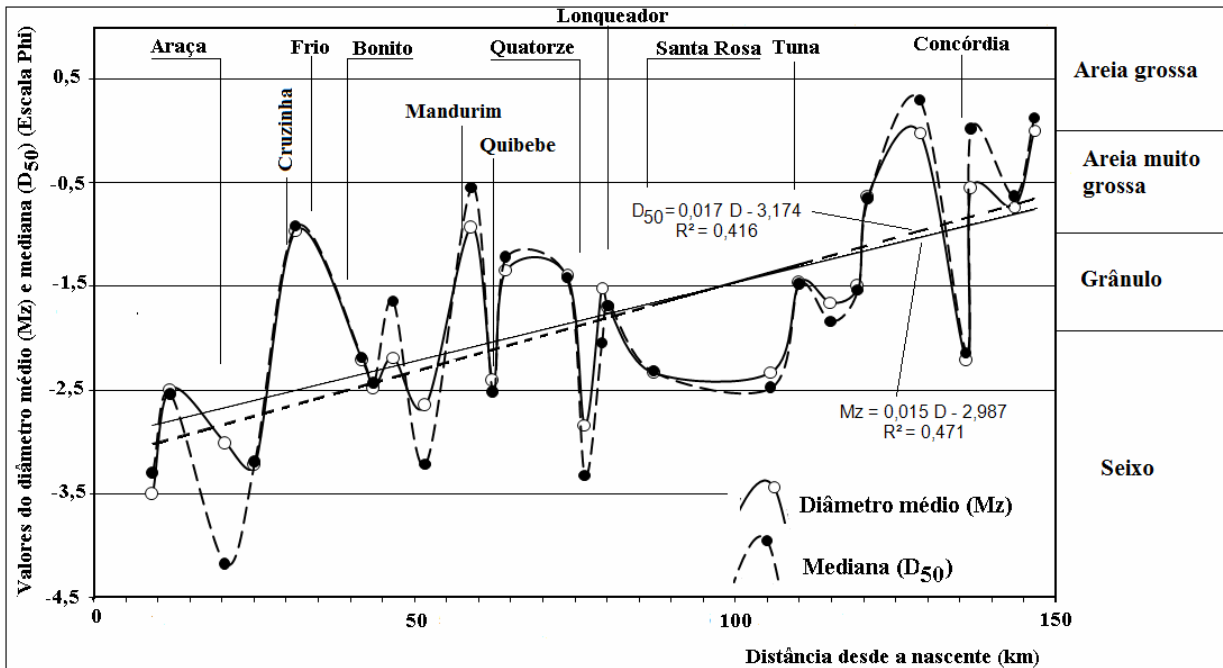


Figura 6 - Variação do diâmetro médio (Mz) e da mediana (D<sub>50</sub>) dos sedimentos de fundo ao longo do rio Marrecas.

A variação do grau de seleção dos sedimentos de fundo ao longo do rio Marrecas não mostrou nenhuma tendência (Figura 7). Os sedimentos do rio Marrecas apresentaram valores de grau de seleção que variaram de moderadamente selecionado a muito pobremente selecionado. Apesar da ausência de tendência longitudinal no grau de seleção, a entrada de afluentes ensejou uma diminuição local do grau de seleção, como os rios Bonito, Mandurim, Quatorze, Tuna e Concórdia. Este fato foi observado em outros estudos realizados por Church e Kellerhals (1978), Knighton (1980), Ichim e Radoane (1990), Brewer e Lewin (1993) e Rice (1998). Por outro lado, a queda no grau de seleção não foi observada à jusante dos rios Araçá e Santa Rosa.

O grau de seleção melhorou de forma constante em trechos do rio onde desembocam somente pequenos afluentes como no segmento entre os tributários Bonito-Mandurim (pontos 6 ao 9) e Quatorze-Lonqueador (pontos 14 e 15). Esta constatação sugere que os afluentes desempenham um importante papel na interrupção do aumento gradual do grau de seleção em direção à jusante.

A variação longitudinal da curtose no rio Marrecas exibe uma leve tendência de valores platicúrticos para leptocúrticos ( $R^2=0,186$ ) (Figura 8), processo interrompido com a entrada dos afluentes Frio, Bonito, Quatorze e Tuna. Os valores da assimetria, a igual que os dados do grau de seleção também não mostraram nenhuma tendência longitudinal (Figura 8). Entretanto, é possível detectar a passagem para valores negativos à jusante da foz dos principais afluentes (Bonito, Quatorze, Tuna e Concórdia).



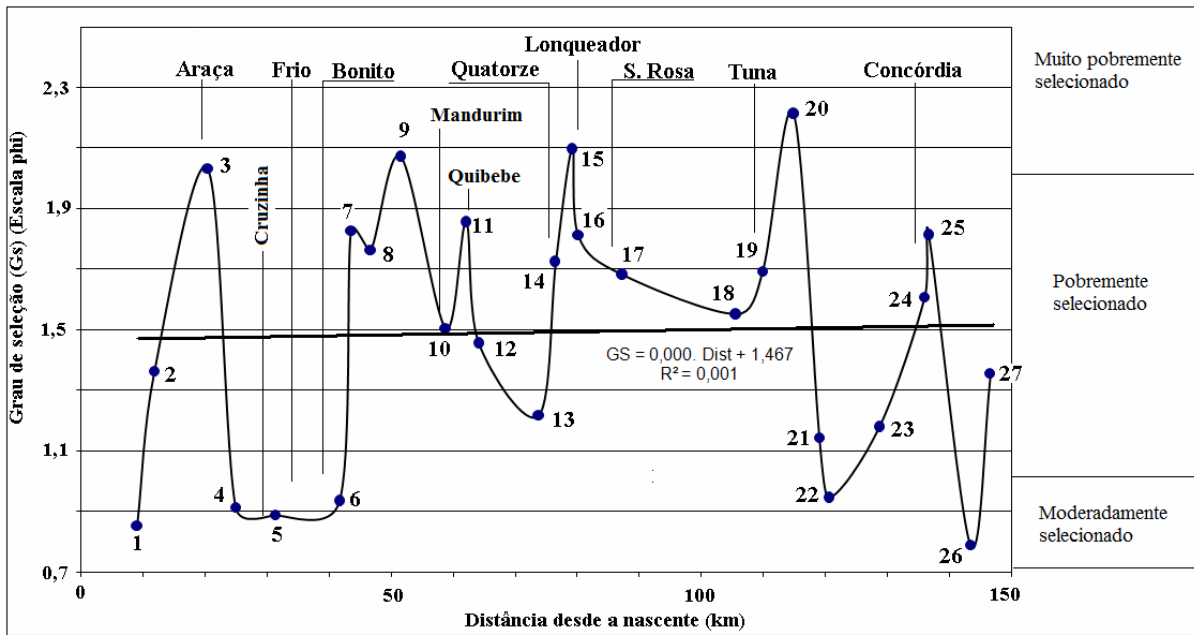


Figura 7 - Variação longitudinal do grau de seleção ao longo do rio Marrecas.

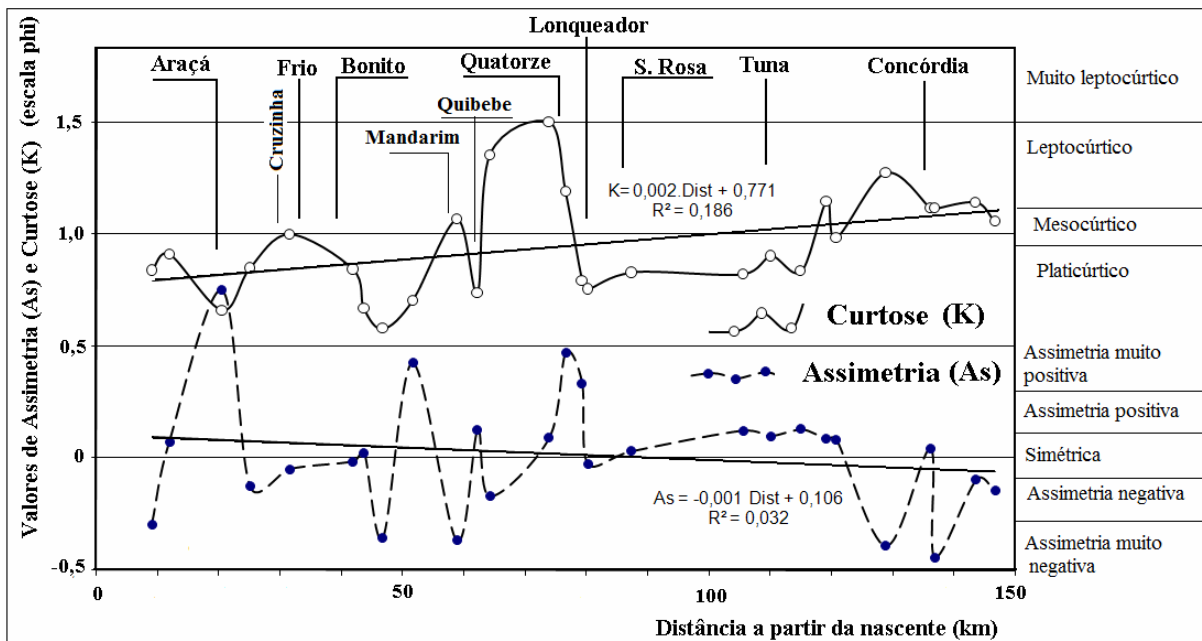


Figura 8 - Variação longitudinal da assimetria e da curtose ao longo do rio Marrecas.

A influência antrópica direta na distribuição longitudinal dos sedimentos de fundo no rio Marrecas foi imposta pela barragem Camilotti no trecho intermediário do rio imediatamente à montante da foz do rio Santa Rosa (Vide figura 5). A jusante da barragem foi observado o aumento do tamanho dos sedimentos de fundo (Figura 6) e uma incipiente melhoria no grau de seleção (Figura 7). A retenção parcial dos sedimentos finos pela barragem provocou a concentração de sedimentos grossos, capeando o leito com sedimentos de tamanho seixo e grânulo por uma distância de aproximadamente 20 km. Este fenômeno, denominado de encouraçamento do leito fluvial (Streambed armoring) quando associado a implantação de barragens é um processo amplamente estudado tanto na literatura internacional (Chadwick, 1978; Shen e Lu, 1983; Brandt, 2000; Vericat *et al.*, 2006; Graf, 2006) como nacional (Stevaux, 2008).

### 3.2. Esfericidade dos sedimentos rudáceos

Para descrever as formas predominantes nos sedimentos rudáceos esfericidade dos seixos em processo de transporte no rio Marrecas, foram selecionadas 10 amostras nas quais predominam sedimentos de tamanho seixo (Figura 9). Pode ser delineado um ligeiro aumento da porcentagem de sedimentos com forma esférica em direção à jusante. As interrupções nesta tendência verificada nas amostras 13-15 e 20 coincidem com a entrada dos principais afluentes como o caso dos rios Quatorze e Tuna.

Um dos fatores que podem definir o predomínio da forma esférica poder ser a decomposição esferoidal do basalto. Com a remoção do manto de intemperismo nas encostas, os núcleos esféricos são transportados para o canal fluvial.

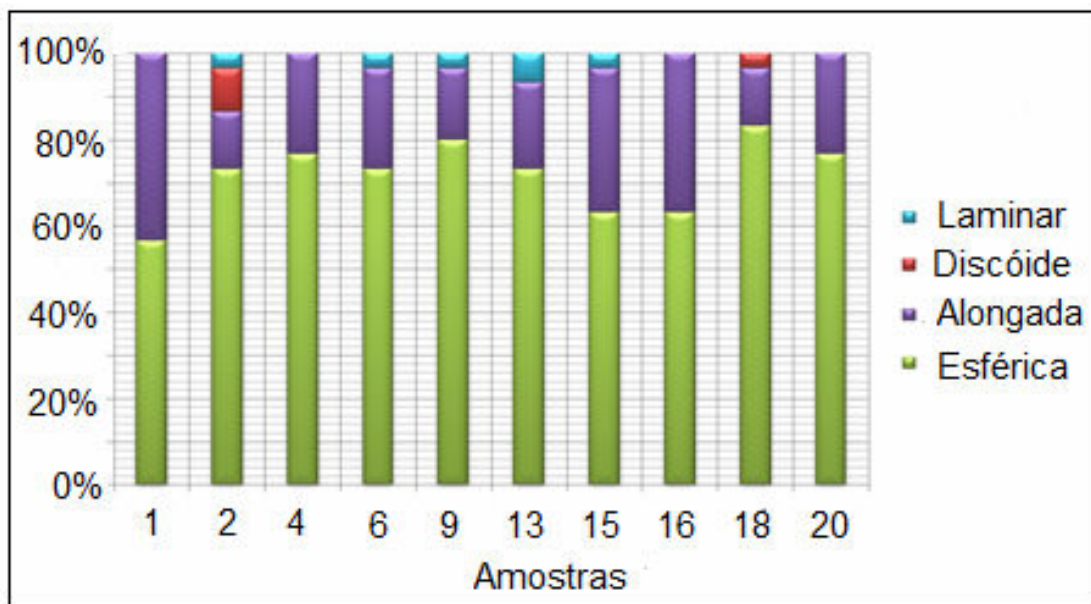


Figura 9 - Variação longitudinal da esfericidade dos seixos basálticos no rio Marrecas.

## 4. CONCLUSÕES

Os estudos das tendências granulométricas dos sedimentos de fundo do rio Marrecas forneceram os seguintes resultados:

- Uma nítida tendência de granodescrescência em direção à jusante foi observada tanto no diâmetro médio ( $M_z$ ) como na mediana ( $D_{50}$ ). Também foi verificada a influência de estruturas artificiais (barragem) e os rios tributários na interrupção da granodescrescência dos sedimentos rio abaixo. Nos trechos logo abaixo da entrada dos afluentes e da barragem, os processos de abrasão e transporte seletivo dos sedimentos ajudaram na diminuição gradual do tamanho dos sedimentos, que voltaram a alcançar valores similares aos encontrados à montante dos tributários, ao longo de uma distância de 5 a 10 km.
- O grau de seleção e a assimetria não mostraram nenhuma tendência longitudinal. No entanto, é perceptível que à jusante dos principais tributários, os sedimentos apresentaram piora no grau de seleção e valores assimétricos positivos.
- A variação espacial da curtose no rio Marrecas exhibe uma leve tendência de valores platicúrticos para leptocúrticos em direção à jusante.
- O predomínio das formas esféricas nos sedimentos de tamanho seixo é atribuído à decomposição esferoidal da rocha basáltica.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, P.L.; Peterson, G.L. 1978. Effects of abrasion durability on conglomerate clast populations: examples from Cretaceous and Eocene conglomerates of the San Diego area, California. *Journal of Sedimentary Petrology*, 48: 32-42.
- Brandt, S.A. 2000. Classification of geomorphologic effects downstream of dams. *Catena* 40: 375-401.
- Brewer, P.A.; Lewin, J. 1993. In-transport modification of alluvial sediment: Field evidence and laboratory experiments. *Special Publication of the International Association of Sedimentologists*, 17: 23-35.
- Chadwick, W.L. (Ed.) 1978. *Environmental Effects of Large Dams*. American Society of Civil Engineers, New York. 224 p.
- Church, M.; Kellerhals, R. 1978. On the statistics of grain size variation along and gravel river. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15: 1151-1160.
- Coles, D. R. 2007. Tidal influence on downstream fining in gravel-bed rivers. Doctoral these, Oregon State University, 372 p.
- Dias, J. A. 2004. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. Universidade do Algarve. <[w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb\\_Sediment.html](http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb_Sediment.html)>. Acessado em: 30/09/2014.
- Duane, D.B. 1964. Significance of skewness in recent sediments, Western Palmico Sound, North Carolina. *Journal of Sedimentary Petrology*, 34: 864-874.
- Ferguson, R.; Hoey, T.; Wathen, S.; Werritty, A. 1996. Field evidence for rapid downstream fining of river gravels through selective transport. *Geology* 24(2): 179-182.
- Fernandez, O.V.Q.; Arndt, M.A. 2008. Comparação da eficácia do paquímetro e cascalhometro na análise granulométrica de sedimentos rudáceos. Anais... VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Campo Grande (MS), 12 p, CD-Rom.
- Folk, R.L.; Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26.
- Franco-Magalhães, A.O.B.; Hackspacher, P.C.; Saad, A.R. 2010. Exumação tectônica e reativação de paleolinhamentos no Arco de Ponta Grossa: termocronologia por traços de fissão em apatitas. *Revista Brasileira de Geociências*, 40 (2): 184-195.
- Frings, R.M. 2004. Downstream fining – a literature review. PHD thesis-Departement Fysische Geografie,, Universiteit Utrecht. 59 p.
- Gasparini, N.M.; Tucker, G.E.; Bras, R.L. 2004. Network-scale dynamics of grain-size sorting: implications for downstream fining, stream-profile concavity and drainage basin morphology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29: 401-532.
- Gomez, B.; Rosser, B.J.; Peacock, D.H.; Hicks, D.M.; Palmer, J.A. 2001. Downstream fining in a rapidly aggrading gravel bed river. *Water Resources Research*, 37(6): 1813-1823.
- Graf, W.L. 2006. Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. *Geomorphology* ,79: 336-360.
- Ichim, I.; Rădoane, M. 1990. Channel sediment variability along a river: a case study of the Siret River (Romania). *Earth Surface Processes and Landforms* 15: 211-225.
- Knighton, A.D. 1980. Longitudinal changes in the size and sorting of stream-bed material in four English rivers. *Bulletin of the Geological Society of America*, 91: 55-62.
- Knighton, A.D. 1982. Longitudinal changes in the size and shape of stream bed material: evidence of variable transport conditions. *Catena*, 9: 25-34.
- Knighton, A.D. 1999. Downstream variation in stream power. *Geomorphology*, 29(3-4), 293-306.



- Kodama, Y. 1992. Effect of abrasion on downstream gravel-size reduction in the Watarase River, Japan; field work and laboratory experiment. Environmental Research Center Papers, 15, 88.
- Luz, C.E. 2011. Tendências granulométricas dos sedimentos de fundo no rio Marrecas, região Sudoeste do Paraná. Dissertação de mestrado, Programa de Pós- Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), 71 p.
- Martins, G. 2003. Análise da variabilidade termo pluviométrica e sua relação com o uso do solo no sudoeste do Paraná: 1970 a 1999. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – Presidente Prudente.
- McLaren, P. 1981. An interpretation of trends in grain size measures. *Journal of Sedimentary Research*, 611: 624.
- Mertes, L.A.K; Meade, R.H. 1985. Particle sizes of sands collected from the bed of the Amazon River and its tributaries in Brazil during 1982-84, Open-File Report 85-333, U.S. Geological Survey, Denver, Colorado.
- Morris, P.H.; Williams, D.J. 1999. A world-wide correlation for exponential bed particle size variation in subaerial aqueous flows. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 835-847.
- Nardy, A.J.R.; Oliveira, M.A.F.; Betancourt, R.H.S.; Verdugo, D.R.H.; Machado, F.B. 2002. Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. *Geociências UNESP*. V. 21, n.1; 2, p. 15-32.
- Nordin, C.F.; Meade, R.H.; Curtis, W.F.; Bósio, N.J.; Delaney, B.M. 1979. Particle size of sediments collected from the bed of the Amazon River and its tributaries in May and June 1977. Open-File Report 79-329, U.S. Geological Survey, Denver, Colorado.
- Paisani, J.C; Pontelli, M.E.; Andres, J.; Pasa; V; Marinho, F.R. 2008. Características geológicas da formação Serra Geral na área drenada pelo rio Marrecas (SW Paraná): fundamentos para a análise geomorfológica. *Geografia (UEL)*: 17 (2): 49-65.
- Parker, G. 1991a. Selective sorting and abrasion of river gravel. I. Theory: *Journal of Hydraulic Engineering*, 117 (2): 131–149.
- Parker, G. 1991b. Selective sorting and abrasion of river gravel. II: Applications. *Journal Hydraulic Engineering*, 117(2), 150–171.
- Ponçano, W.L. 1986. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 16 (2): 157-190.
- Radoan, M.; Radoan N.; Dumitriu, D.; Miclaus, C. 2007. Downstream variation in bed sediment size along the East Carpathian rivers: evidence of the role of sediment sources. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(12), 1079-1082.
- Rice, S. 1998. Which tributaries disrupt downstream fining along gravel-bed rivers? *Geomorphology*: 22, 39– 56.
- Rice, S. 1999. The nature and controls on downstream fining within sedimentary link. *Journal of Sedimentary Research* 69A: 32–39.
- Rice, S.; Church, M. 1998. Grain size along two gravel-bed rivers: statistical variation, spatial patterns and sedimentary links. *Earth Surface Processes and Landforms* 23: 345–36.
- Santos, L.J.C.; Oka-Fiori, C.; Canali, N.E.; Fiori, A.P.; Silveira, C.T.; Silva, J.M.F.; Ross, J.L.S. 2006. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 7 (2): 3-12.
- Seal, R.; Paola, C.; Parker, G.; Southard, J.B.; Wilcock, P.R. 1997. Experiments on downstream fining of gravel: I. Narrow-channel runs. *Journal of Hydraulic Engineering Division, American Society of Chemical Engineering* 123: 874–884.
- Shen, H.W.; Lu, J. 1983. Development and prediction of bed armoring. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109 (4): 611-629.
- Simons, D.B.; Sentürk, F. 1992. *Sediment Transport Technology - Water and sediment dynamics*. Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado.
- Stevaux, J.C. 2008. Produção, armazenamento e transferência de sedimentos por processos naturais e humanamente induzidos na bacia do Paraná: proposição de um modelo de fluxo hidro-geomorfológico em escala continental. <[gema.uem.br/Relatorio\\_final\\_processo\\_305549-2007-3\\_produtividade\\_2008-11.pdf](http://gema.uem.br/Relatorio_final_processo_305549-2007-3_produtividade_2008-11.pdf)>. Acessado em: 30/09/2014.



Strasser, M.A 2008. Dunas fluviais no rio Solimões-Amazonas: dinâmica e transporte de sedimentos. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 160 p.

Suguio, K. 1973. Introdução a Sedimentologia. São Paulo, Editora Edgar Blücher, 245 p.

Surian, N. 2002. Downstream variation in grain size along an Alpine river: Analysis of controls and processes: *Geomorphology*, 43: 137–149.

Vericat, D.; Batalla, R.J.; Garcia, C. 2006. Breakup and reestablishment of the armor layer in a large gravel-bed river below dams: The lower Ebro. *Geomorphology*, 76: 122-136.