

## **Monitoramento dos Sistemas de Drenagem da Bacia do Rio Macaé (RJ)**

Flávia Lopes Oliveira, prof<sup>a</sup>. subst. FEBF/UERJ, [flavialopes@oi.com.br](mailto:flavialopes@oi.com.br);<sup>1</sup>

André Polly Assumpção, mestrando PPGG/UFRJ, [andrepolly@yahoo.com.br](mailto:andrepolly@yahoo.com.br);

Raphael Nunes de Souza Lima, mestrando PPGG/UFRJ, [raphael.lima@globo.com](mailto:raphael.lima@globo.com);

Guilherme Hissa Villas Boas, graduando Geografia/UFRJ, [guilherme\\_hissa@hotmail.com](mailto:guilherme_hissa@hotmail.com);

Mônica dos Santos Marçal, prof<sup>a</sup>. Dpto. Geografia/UFRJ, [monicamarcal@gmail.com](mailto:monicamarcal@gmail.com);<sup>2</sup>

Antônio José Teixeira Guerra, prof. Dpto. Geografia/UFRJ, [antoniotguerra@gmail.com](mailto:antoniotguerra@gmail.com)<sup>2</sup>

### **Abstract**

Macaé River basin, located on the north coast of Rio de Janeiro state, has been suffering many changes in its natural environment since colonization times. Sugar cane cultivation, cattle range growth, channelization works and urban development, mainly in the city of Macaé (where the main industrial center on the north region of the state is established) are leading to many modifications on the fluvial geomorphology of the basin. Several cross-sectional profiles were established in many reaches of Macaé River at two different epochs (October 2007 and March 2008). Through these monitoring works, it was possible to verify eroding processes predominance on this period, mostly in the cross-sectional profile located downstream at the channelized reach. It's important to consider that the research work presented here is incomplete, so that many other measurements will be taken to improve the results of this research.

Keywords: geomorphology, fluvial processes, cross-section profiles

### **Resumo**

Localizada no litoral norte-fluminense, a bacia do rio Macaé vem sofrendo diversas modificações no seu meio natural desde a época do Brasil Colônia, com o cultivo da cana-de-açúcar, o avanço da pecuária bovina iniciada no século XX, as obras de retificação dos canais fluviais e a expansão urbana, principalmente na cidade de Macaé, onde se localiza o principal pólo industrial do norte fluminense. Tais transformações no âmbito da bacia podem estar contribuindo para alterações na morfologia dos canais fluviais, uma vez que os rios são grandes receptores de água e sedimentos. Através do monitoramento do rio Macaé em vários trechos, com a utilização de seções transversais em dois períodos diferentes (outubro de 2007 e março de 2008) foi possível verificar a predominância dos processos erosivos, principalmente na seção localizada mais a jusante do rio Macaé, no trecho retificado. É importante ressaltar que o trabalho está em andamento e que outras mensurações serão feitas, o que irá complementar o resultado da presente pesquisa.

Palavras-chave: geomorfologia, processos fluviais, seções transversais

## **1. Introdução**

A bacia hidrográfica do rio Macaé, localizada no estado do Rio de Janeiro, engloba praticamente toda a área dos limites territoriais do município de Macaé (1.448km<sup>2</sup>), parte dos municípios de Rio das Ostras (11km<sup>2</sup>) e Carapebus (11km<sup>2</sup>), além dos municípios

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio à pesquisa em desenvolvimento; e ao graduando de Geografia Daniel Freitas e ao Sr. Paulo do Instituto de Geociências/UFRJ, pelo suporte em campo.

<sup>2</sup> Coordenadores do Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos - LAGESOLOS/UFRJ.

de Nova Friburgo (142km<sup>2</sup>) onde estão localizadas as nascentes, Casimiro de Abreu (83km<sup>2</sup>) e Conceição de Macabu (70km<sup>2</sup>). A bacia drena uma área de 1.765km<sup>2</sup>, e o rio Macaé percorre cerca de 136 km até desaguar no Oceano Atlântico, no município de Macaé (Figura 1).

A cidade de Macaé constitui o principal pólo industrial do norte fluminense, sendo responsável pelo recebimento e distribuição em grande escala de petróleo e gás natural oriundos da Bacia de Campos. A implantação de uma base de produção de petróleo, na década de 70, tem modificado por completo a dinâmica espacial dessa região, aonde a expansão urbana vem alterando as características naturais do sítio (Costa, 1999; Soffiati, 2000).

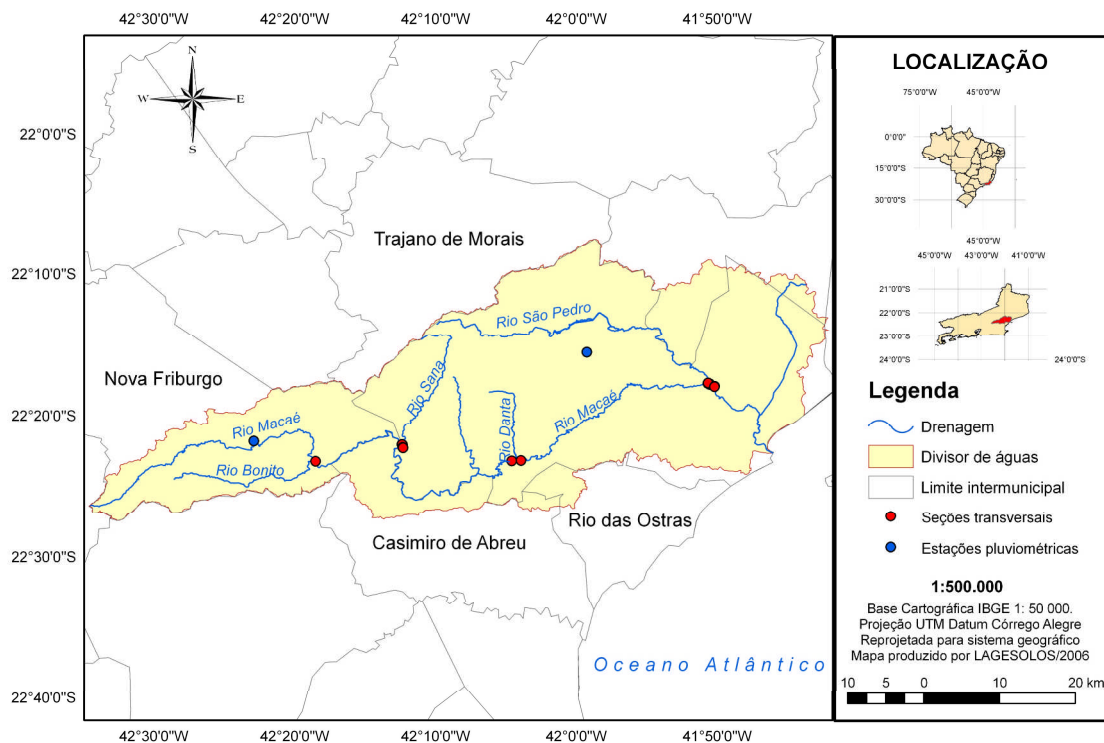


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Macaé, na região norte fluminense.

Na área rural, o desmatamento das áreas de baixada e das encostas, para o cultivo de cana-de-açúcar, desde a época do Brasil Colonial, vem suprimindo a vegetação das matas aluviais e das florestas de terras baixas, intensificando os processos de erosão e de assoreamento. Do início do século XX até a década de 1970, houve considerável avanço da pecuária bovina, principalmente ao sul da bacia do rio Macaé, culminando com o pisoteio excessivo e formação de terracetes nas encostas. A substituição da floresta tropical, por

pastagens em áreas de colinas e nas áreas próximas aos contrafortes e maciços sub-serranos, fez o solo perder seu potencial de regeneração, com o conseqüente empobrecimento em nutrientes, ocasionando também processos de erosão acelerada (Costa, 1999; Marçal e Luz, 2003; Lima, 2008).

Além disso, tem-se a retificação dos canais fluviais, feita pelo antigo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), a partir da década de 1950, que impactaram sobre a dinâmica dos rios, aumentando a velocidade do fluxo da água, dos processos erosivos nas suas margens e da produção de sedimentos.

A instalação de fruticultura nas encostas da Serra do Mar com o escoamento da produção pela linha férrea Glicério-Macaé, vem provocando a formação de voçorocas e erosão laminar que contribuem para o assoreamento dos rios (Marçal e Luz, 2003). A planície de inundação do rio Macaé, que corresponde ao ambiente que sofreu maiores alterações, em função da canalização dos rios e aterro para a construção de casas populares para a população de baixa renda, tem sido bastante impactada ao longo dos anos (FEEMA, 1989; Barroso e Bernardes, 1995).

Já em 1989, segundo informações apresentadas pela FEEMA (1989), na cidade de Macaé e arredores, foram relatados alguns dos problemas clássicos encontrados em cidades maiores, tais como a ocupação desordenada de áreas alagadas e ribeirinhas, a destruição da vegetação, a insuficiência de infra-estrutura, a falta de tratamento completo e adequado de esgotos, além de carência de equipamentos urbanos. Essa situação pode ser observada ainda nos dias atuais, em que grande parte da vegetação tem se descaracterizado e as áreas urbanas vêm se expandindo de forma caótica.

Uma das conseqüências do mau uso e ocupação da terra são os problemas relacionados aos sedimentos que se avolumam, tanto do ponto de vista da sua produção, como do ponto de vista da sedimentação (Harvey, 2002). De acordo com Brookes (1996) os rios são os grandes receptores desses sedimentos que ali chegam através do escoamento superficial e que modificam a forma dos canais e a dinâmica do fluxo. A morfologia do canal de um rio é constituída pelo movimento da água e dos sedimentos, em relação aos materiais disponíveis no leito, mudando o desenho do canal através dos processos de erosão e sedimentação.

A geometria do canal fluvial é estudada através do levantamento de perfis transversais e longitudinais e do mapeamento das características planimétricas dos canais (Fernandez *et al.*, 2001). Muitos pesquisadores vêm observando a geometria de canais fluviais

através de seções transversais ao rio com o objetivo de identificar as suas variações morfológicas, os processos sedimentares e erosivos predominantes, e as influências de eventos naturais e antrópicos sobre a forma dos canais; destacando-se entre eles: Olson-Rutz e Marlow (1992); Park (1995); Fernandez *et al.*, (2001); Oliveira e Mello (2007).

O trabalho tem como objetivo monitorar a morfologia dos sistemas de drenagem da bacia do rio Macaé, o que poderá contribuir, juntamente com outros parâmetros, para uma análise integrada da evolução da paisagem da bacia e fornecer subsídios para a elaboração de projetos de planejamento e gestão ambiental, minimizando assim a degradação ambiental, através de ações de conservação e recuperação.

## **2. Objetivos**

O presente trabalho encontra-se inserido em um projeto maior intitulado: *Dinâmica geomorfológica do sistema encosta-planície na bacia do rio Macaé (RJ)*, e tem como objetivo geral a análise dos processos de erosão e sedimentação atuantes no sistema de drenagem da bacia do rio Macaé; buscando subsídios para compreender a dinâmica de evolução da paisagem da bacia, o que poderá contribuir para o diagnóstico de áreas potenciais de risco ambiental e, ao mesmo tempo, fornecer bases para o planejamento e gestão ambiental da bacia.

Para tal, a pesquisa tem como objetivos específicos: monitoramento da morfologia do canal e dos processos de erosão e sedimentação fluvial; levantamentos dos dados pluviométricos e medição das velocidades do fluxo do rio.

## **3. Metodologia**

A metodologia do trabalho compreende o monitoramento do canal do rio Macaé, no qual foram selecionados sete pontos, de acordo com a geomorfologia da bacia e da posição dos principais afluentes (Figura 1). O monitoramento foi iniciado em outubro de 2007, com uma segunda medição em março de 2008. As seções transversais ao rio foram implementadas da seguinte forma: foram colocadas estacas nas margens do rio e instrumentadas com tubos de aço galvanizado fincados, nivelados com nível de bolha e cimentados. A partir das extremidades dos tubos de aço foram tencionados cabos de aço, por onde estão sendo tomadas as medidas do canal fluvial até a lâmina d'água, em intervalos de 50 em 50 cm (Figura 2). As medidas da profundidade do canal estão sendo tomadas com trena comum (quando com

poucas profundidades) ou trena de aço, apropriada para este fim, igualmente em intervalos de 50 cm, a bordo de um bote (quando profundas). Posteriormente as medidas são plotadas em perfil para uma melhor análise dos processos fluviais predominantes no canal (Sugio e Bigarella, 1990; Brookes, 1996).

Com o intuito de apoiar a análise das seções transversais ao rio, foram medidas as velocidades do fluxo do rio Macaé nas áreas de monitoramento, com a utilização de flutuadores, e levantados dados pluviométricos do ano 2007 de duas estações da Agência Nacional de Águas (ANA/CPRM): Galdinópolis, localizada mais a montante do rio Macaé e Fazenda Oratório, mais a jusante (Figura 1). Vele ressaltar que instalamos em março de 2008 três pluviômetros dentro da bacia, porém seus dados ainda não abrangem o período do monitoramento estudado, sendo eles trabalhados futuramente.

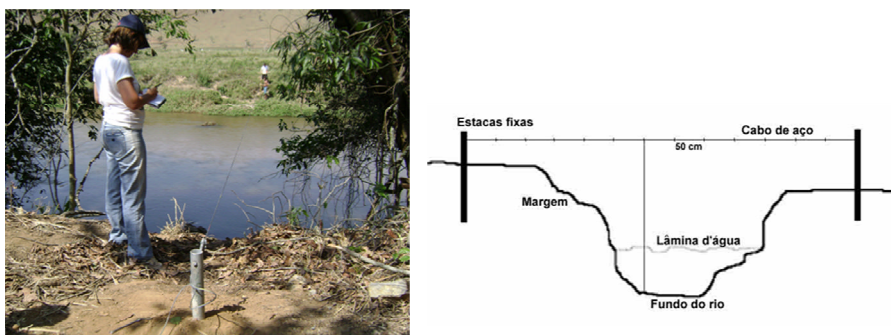


Figura 2 – Seção transversal ao rio Macaé - foto: 10/2007 e esquema ilustrativo da seção.

#### 4. Resultados e Discussões

Neste trabalho a análise das seções transversais ao rio Macaé foi feita de forma visual e comparativa. No primeiro trabalho de campo em 2007 foram estaqueadas e medidas oito seções transversais (Figura 1), todas no rio Macaé, sendo uma após a desembocadura do rio Bonito (mais a montante); duas próximas ao rio Sana, antes e depois da desembocadura do afluente; duas próximas ao rio Danta, sendo que uma antes e outra depois do afluente; e mais três próximas ao afluente São Pedro, uma antes e duas depois da desembocadura. Porém, na segunda campanha de campo (março de 2008), foram feitas medidas em somente quatro seções transversais devido à dificuldade de acesso em alguns trechos do rio, decorrente do crescimento da vegetação densa e da forte correnteza. Desta forma, no presente trabalho, só constam os dados das seções em que foi possível realizar as duas medidas, mas é importante ressaltar que o monitoramento terá prosseguimento, portanto, novos dados serão produzidos

em trabalhos futuros, inclusive nas seções que só foram medidas na primeira campanha de campo.

Com o intuito de subsidiar a análise dos dados dos perfis transversais, foram obtidos dados do ano de 2007 de duas estações pluviométricas da ANA/CPRM (Agência Nacional de Águas / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) localizadas na bacia hidrográfica do rio Macaé, sendo estas a estação Galdinópolis, localizada próxima à nascente do rio Macaé a 740m de altitude e a estação Fazenda Oratório, localizada em um relevo montanhoso na parte norte da bacia a 50m de altitude, mais a jusante do rio Macaé. Vale ressaltar que os dados de 2008 ainda não estão disponíveis.

A estação Galdinópolis, localizada próximo à cabeceira do rio Macaé, onde o clima é mais úmido, porém amenizado pela altitude, apresentou em 2007 um total anual de 1.714,1mm e máxima mensal de 581,2mm no mês de janeiro.

Já a estação Fazenda Oratório está susceptível a chuvas orográficas, devido a sua localização mais próxima à linha de costa (influência marítima) e sua posição em relevo acidentado. A influência topográfica funciona como uma barreira natural às entradas de frentes frias, gerando chuvas concentradas, o que pode se corroborado através do dado anual que chegou a 2.080,8mm em 2007, com concentração de 690,7mm só no mês de janeiro.

Tal concentração irá influenciar diretamente a dinâmica fluvial uma vez que, de acordo com Christofolletti (1981), uma parcela da carga sedimentar dos cursos d'água é obtida pela ação erosiva que as águas exercem sobre as margens e fundo do leito. A maior parte, entretanto, é fornecida pela remoção detrítica das vertentes. Por essa razão, já há muito tempo reconhece-se que o transporte de sedimentos é governado por fatores hidrológicos que controlam as características e o regime dos cursos de água. Dentre esses fatores destaca-se a quantidade e a distribuição das precipitações. O fluxo e o transporte de sedimentos constituem respostas aos processos e ao estado de equilíbrio atuantes no sistema fluvial.

Comparando os perfis da primeira campanha de campo, outubro de 2007; com os perfis da segunda, março de 2008, foi observado uma predominância dos processos erosivos nesse ínterim. É importante ressaltar que a primeira campanha de campo foi realizada na primavera, antes de iniciar o período chuvoso (Figura 3), na qual as velocidades médias do fluxo do rio apresentaram-se mais baixas, variando de 0,06m/s (seção 1) a 0,49m/s (seção 2), (Tabela 1). Já a segunda campanha de campo ocorreu no final do verão, ainda no período chuvoso, sendo observadas velocidades maiores no fluxo do rio, principalmente na seção 4.

Tal dado reflete-se, devido à maior quantidade de água decorrente das altas pluviosidades, na morfologia do canal (Cunha, 2005; Leopold *et al.* 1964).

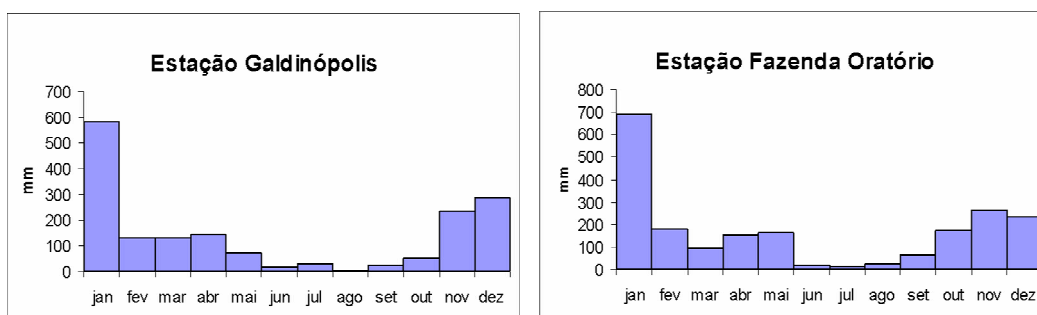


Figura 3 – Gráficos de totais mensais pluviométricos do ano de 2007.

Tabela 1 – Velocidades do rio Macaé.

Ponto	Velocidade média do rio (m/s)	
	out/2007	mar/2008
Seção Sana	0,06	0,51
Seção Danta	0,49	0,51
Seção São Pedro 1	0,40	0,51
Seção São Pedro 2	0,47	0,64

Na seção 1, localizada mais a montante do rio Macaé e acima do afluente Sana foi observada uma pequena erosão nas duas margens do canal, principalmente na margem esquerda, e uma sutil elevação da lâmina d'água em torno de 0,3 metros, além de alterações na rugosidade do fundo (Figura 4).

Na seção 2, localizada no rio Macaé após o deságüe do rio Danta, antes do início do trecho retificado, foi constatada erosão no fundo do canal próxima à margem côncava (margem esquerda), chegando a aproximadamente 2,5 metros de profundidade no perfil, sendo esse um local morfologicamente mais susceptível aos processos erosivos devido à maior velocidade da água no canal fluvial (Christofolletti, 1981). Na mesma seção, foi observado um pequeno assoreamento próximo à margem direita, sendo essa uma característica das margens convexas dos cursos fluviais.

Mais a jusante, já na parte retificada do rio Macaé foram tomadas medidas antes e depois do afluente São Pedro. Nas seções levantadas antes do deságüe do afluente não foi observado significativo predomínio de processos erosivos ou sedimentares, e sim um pequeno reajuste sedimentar do leito fluvial, praticamente mantendo a morfologia do canal. Já na seção

localizada após o afluente foi verificada uma expressiva erosão no fundo do canal fluvial chegando a 3 metros no perfil. Tal significativa erosão deve estar relacionada à confluência do rio São Pedro que, provavelmente, no período estudado obteve um aumento significativo em sua vazão - maior que o aumento na vazão do rio Macaé - determinado pela quantidade de chuvas em sua área de captação. Esse aumento foi suficiente para carrear os sedimentos que estavam depositados no leito do rio Macaé após a confluência, provocando erosão do fundo do canal. Ou seja, houve aumento na vazão do rio São Pedro e do rio Macaé, assim como em toda a bacia, devido à estação do ano que o período de monitoramento abrangeu. No entanto, é provável que o aumento na vazão do rio São Pedro tenha sido maior que o aumento na vazão do rio Macaé, já que antes da confluência dos dois canais, o fluxo d'água do rio Macaé não teve força suficiente para causar a erosão registrada após a confluência. O que é ratificado pelo dado da velocidade do fluxo, que aumenta de 0,47 m/s a 0,64 m/s de outubro para março (Tabela 1).

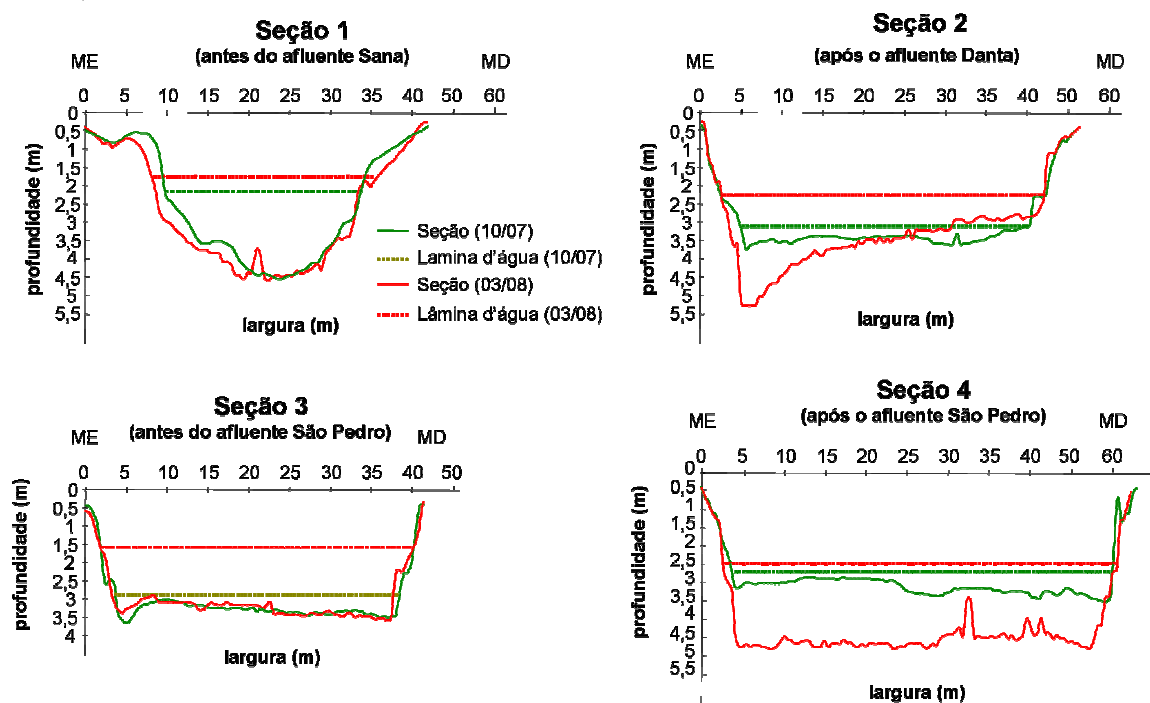


Figura 4 – Perfis transversais ao rio Macaé.

É possível perceber, na seção 4 (após o afluente São Pedro), que a porção do fundo do canal mais erodida, apesar da diferença ser sutil, está próximo à margem esquerda do rio, justamente de onde vem o fluxo do rio São Pedro, como pode ser visto na Figura 5.





Figura 5 – Confluência dos rios São Pedro e Macaé (Fonte: GoogleEarth/2008 Digital Globe).

## 5. Conclusões

Através do monitoramento do rio Macaé em vários trechos, com a utilização de seções transversais em dois períodos diferentes (outubro de 2007 e março de 2008) foi possível verificar a predominância dos processos erosivos, principalmente na seção localizada mais a jusante do rio Macaé, no trecho retificado (seção 4), o que deve estar relacionado ao aumento da vazão do rio São Pedro no período estudado, e na seção 2, sendo essa mais relacionada ao padrão meândrico do canal, com alta sinuosidade, o que contribui para erosão acelerada na margem côncava e sedimentação na margem convexa. Nas seções localizadas antes dos afluentes, os processos de erosão e sedimentação ocorreram de forma bem menos expressiva, desta forma pode-se apontar que a presença do afluente à jusante da seção pode estar permitindo uma manutenção da morfologia do canal.

Esse trabalho confirma a eficácia do monitoramento em seções transversais ao rio para uma análise visual de detalhe das alterações da superfície do leito e das margens fluviais. Outros parâmetros de quantificação das áreas afetadas pela erosão e deposição poderão ser aplicados, através de cálculos estatísticos; porém no presente estudo somente foi realizada uma perspectiva visual, pois o monitoramento ainda é recente, sendo a análise quantitativa mais interessante para um maior volume de dados.

## 7. Bibliografia

- Barroso, L.V. e Bernardes, M.C. (1995) Um patrimônio natural ameaçado: poluição, invasões e turismo sem controle ameaçam lagoas fluminenses. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, 19(110): 70-74.
- Brookes, A. (1996) River channel change. In Petts, G.E. e Calow, P. (eds) *River Flows and Channel Forms*. Editora Blackwell Science, Oxford: 221-42.



- Christofolletti, A. (1981) Geomorfologia Fluvial. Editora Edgard Blücher, São Paulo. 313p.
- Costa, H. (1999) Subsídios para a gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Macacu, São João, Macaé e Macabu. SEMA, Rio de Janeiro. 280p.
- Cunha, S.B. (2005) Geomorfologia Fluvial. In CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (org) Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 6 ed.: 211-252.
- FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. (1989) Perfil ambiental – municípios de Macaé / Quiçamã. FEEMA, Rio de Janeiro. 82p.
- Fernandez, O.V.Q., Rebelatto, G.E. e Sander, C. (2001) Análise quantitativa de seções transversais em pequenos canais fluviais. Revista Brasileira de Geomorfologia. Rio de Janeiro, 2(1):85-92
- Harvey, A.M. (2002) Effective timescales of coupling within fluvial systems. Geomorphology, 44: 175-201.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G. e Miller, J.P. (1964) Fluvial processes in Geomorphology. Editora Freeman, San Francisco, 522p.
- Lima, L.D.M. (2008) Análise Integrada da Suscetibilidade dos Solos aos Processos Erosivos nas Partes Média e Alta da Bacia do Rio Macaé/RJ. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Marçal, M.S. e Luz, L.M. (2003) Planejamento e gestão da bacia do rio Macaé – litoral norte fluminense, com base em estudos integrados de Geomorfologia e uso do solo. *In*: Congresso Abequa, 9., Recife, PE, 5p.
- Oliveira, F.L. e Mello, E.F. (2007) A mineração de areia e os impactos ambientais na bacia do rio São João, RJ. Revista Brasileira de Geociências. Brasil, 2(37):374-389.
- Olson-Rutz, K.L. e Marlow, C.B. (1992). Analysis and interpretation of stream channel cross-sectional data. North American Journal of Fisheries Management, United States, 1(12):55-61.
- Park C.C. (1995) Channel cross-sectional change. In: GURNELL, A. e PETTES G. (eds.) Changing river channels. John Wiley e Sons Ltd, United States: 117-145.
- Soffiati, A. (2000) Aspectos históricos das restingas da eco-região norte do estado do Rio de Janeiro – Brasil. In: ESTEVES, F.A. e LACERDA, L.D. (eds.) Ecologia de restingas e lagoas costeiras. NUPEM/UFRJ, Macaé, Rio de Janeiro: 341-370.
- Suguió, K. e Bigarella, J.J. (1990) Ambientes fluviais. Ed.UFSC/UFPR, Florianópolis, 2. ed.: 183 p.