

## **Taxas e Processos de Evolução de Margens Fluviais no Alto Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG**

Gisele Barbosa dos Santos, Mestre em Geografia, UFMG – giselebsantos@oi.com.br

Antônio Pereira Magalhães Jr., Depto. de Geografia, UFMG –  
magalhaesufmg@yahoo.com.br

Frederico Wagner de Azevedo, Mestre em Engenharia Florestal -  
fredazevedolopes@yahoo.com.br

### **Resumo**

Este trabalho apresenta uma caracterização quantitativa (taxas) e qualitativa (processos) da erosão marginal do alto Rio das Velhas, inserido no Quadrilátero Ferrífero, um importante domínio geológico e geomorfológico brasileiro. A pesquisa vem complementar trabalhos em andamento na área que visam somar esforços na busca da compreensão da geomorfologia fluvial regional, ainda pouco estudada. A quantificação da erosão marginal procedeu-se principalmente por meio da técnica dos pinos e estacas, e os processos, por sua vez, foram investigados pela associação de técnicas fotográficas e de perfilagens sucessivas, que permitiram um acompanhamento da evolução da morfologia das margens. Além das taxas erosivas, outras variáveis foram consideradas na análise, como descarga, velocidade de fluxo, carga suspensa, carga de leito e composição granulométrica das margens. Os resultados de um ano de monitoramento revelaram que as taxas erosivas variaram, principalmente, em decorrência da variação litológica, da ação das cheias, e da atuação da tectônica no sistema fluvial. Os principais processos de evolução das margens são a erosão fluvial nos períodos de cheia e os relativamente rápidos abatimentos (quedas de porções das margens durante as cheias).

**Palavras-chave:** dinâmica de margens fluviais ; erosão; Rio das Velhas; Quadrilátero Ferrífero.

### **Abstract**

This work presents a quantitative (rates) and qualitative (processes) characterization of the bank erosion of the upper Rio das Velhas valley, situated in the Quadrilátero Ferrífero, central zone of Minas Gerais state. This research complements works still in progress in this area which aim to sum up in the search of understanding the regional fluvial geomorphology. The bank erosion monitoring was realized during a year and accomplished through the use of the pin and stake techniques and the processes were investigated through the combination of photographic techniques and successive profile drawings which allowed monitoring the evolution of the margins morphology. Besides the rates of erosion, other variables were considered in this study, such as discharge, flow dynamic, suspended and bed load, and the granulometric characterization of the margins. The results revealed that the variation of erosive rates was conditioned by geological frame and the flood dynamic in the area. The main processes of bank evolution are the fluvial erosion in the floods and the relatively quick falls of bank portions in the floods.

**Key-words:** fluvial geomorphology; bank erosion; Rio das Velhas; Quadrilátero Ferrífero

## **1. Introdução**

Os canais fluviais evoluem, no tempo e espaço, a partir de um conjunto de processos baseados na erosão e sedimentação de depósitos aluviais. Enquanto uma parte dos estudos de geomorfologia fluvial se ocupa do estudo de feições e formações superficiais buscando a compreensão e reconstituição da dinâmica fluvial passada, outra parte se preocupa com a dinâmica fluvial atual, envolvendo o estudo das planícies de inundação, margens fluviais e calhas. A erosão marginal é uma variável fundamental da dinâmica dos cursos d'água. A estabilidade das margens é proporcionada pelas propriedades dos materiais e pela cobertura vegetal, e sua evolução em termos de equilíbrio ou desequilíbrio se reflete no padrão fluvial. Canais com margens fragilizadas e pouco estáveis, seja por causas antrópicas ou naturais, tendem a alargar sua seção transversal (largura) e reduzir sua profundidade, se os volumes de vazão continuarem os mesmos. Já canais com margens estáveis podem migrar continuamente de modo equilibrado mantendo relativamente constante sua seção molhada. A dinâmica das margens determina, portanto, as características morfológicas e hidrossedimentológicas dos canais, sendo uma variável geomorfológica de extrema importância para a compreensão das formas, processos e padrões tipológicos fluviais.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo monitorar e analisar os processos de evolução das margens do alto Rio das Velhas, no Quadrilátero Ferrífero, quantificando as taxas e identificando os principais processos morfodinâmicos atuais.

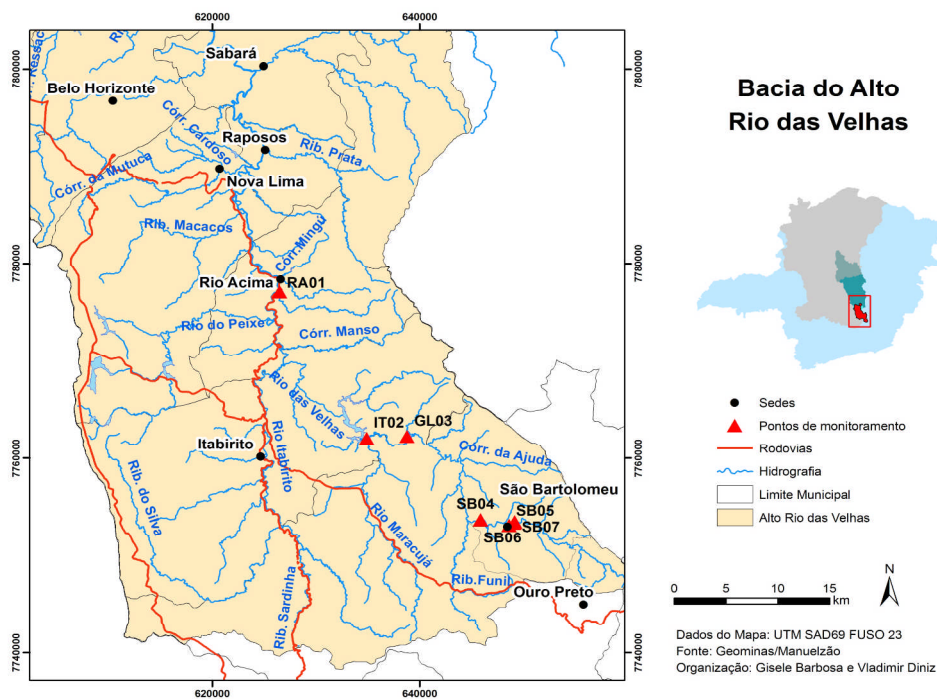
## **2. Caracterização da Área de Estudo**

A bacia do alto Rio das Velhas situa-se no Quadrilátero Ferrífero, próximo a Belo Horizonte - MG, borda sul do Cráton do São Francisco (Figura 1). Abrange os municípios de Ouro Preto, Caeté, Nova Lima, Sabará e Belo Horizonte, dentre outros, somando cerca de 3 milhões de habitantes.

O Quadrilátero Ferrífero é uma das mais significativas províncias minerais do Brasil, além de ser considerado um importante domínio geomorfológico. São encontradas as seguintes unidades geológicas principais (Alkmin & Marshak, 1998): (i) Supergrupo Minas, proterozóico, constituído por um pacote metassedimentar de quartzitos, xistos, filitos e itabiritos; sua ocorrência é utilizada como critério de delimitação do Quadrilátero; (ii) embasamento cristalino arqueano, composto por granitos, gnaisses e migmatitos. Correspondem, em sua maioria, às rochas do Complexo

do Bação, que aflora na porção central do Quadrilátero em uma zona rebaixada devido à erosão nas rochas cristalinas mais friáveis. A fragilidade destas rochas condiciona o desenvolvimento de inúmeros voçorocamentos cuja origem antrópica é contestada por alguns autores; (iii) Supergrupo Rio das Velhas, arqueano, composto basicamente por quartzitos, xistos e filitos que constituem uma seqüência tipo greenstone belt, corresponde à zona de contato entre as bordas serranas do Supergrupo Minas e a zona mais rebaixada no Complexo do Bação; (iv) Grupo Itacolomi, de idade proterozóica, constituído basicamente por quartzitos. Também ocorre nas zonas serranas que limitam o Quadrilátero, mas com representatividade espacial bem inferior ao Supergrupo Minas. A Figura 1 ilustra o quadro geológico da área.

O clima da área é Quente de Inverno Seco (CAMARGOS, 2005). As médias anuais de temperatura giram em torno dos 18°C na área serrana das cabeceiras do Rio das Velhas, enquanto as médias de precipitação chegam a atingir 2.000 mm. Em relação ao comportamento sazonal das precipitações, distinguem-se de 4 a 5 meses secos (maio a setembro). As menores médias ocorrem no trimestre de julho a setembro, enquanto as maiores ocorrem entre os meses de novembro e abril, com maiores incidências nos meses de dezembro e janeiro.



### 3. Materiais e Métodos

Devido à heterogeneidade das características morfológicas e de materiais das margens do Rio das Velhas, foram aplicados os seguintes métodos diretos propostos por Fernandez (1990): métodos dos pinos, das estacas, perfilagens sucessivas e o levantamento fotográfico, cada um devidamente adaptado às características próprias de cada ponto de monitoramento. O monitoramento foi feito em um período de um ano, tendo sido a instalação dos pinos feita em outubro de 2006. A medição das taxas de recuo das margens foi feita mensalmente no período entre dezembro de 2006 e dezembro de 2007.

Nesta etapa, foram utilizados os materiais listados a seguir:

Pinos de ferro com 1 metro de comprimento, 5 milímetros de diâmetro, inseridos horizontalmente na face das margens, posicionados em seqüência vertical em cada ponto monitorado;

Estacas com 1 metro de comprimento e 8 centímetros de lado; foram inseridas verticalmente na planície de inundação próximo à seqüência de pinos;

Trena: utilizada na medição das perdas ou ganhos (deposição) de material nos pinos e estacas ;

Transferidor: utilizado para medir o grau de inclinação dos níveis das margens monitoradas por perfilagem sucessiva.

A escolha dos pontos de monitoramento seguiu os seguintes critérios e etapas:

Constatação visual da ocorrência de processos erosivos e deposicionais nas margens;

Diferenciação de níveis e seqüências deposicionais marginais e de calha;

Verificação da segurança e acesso para instalação do material de monitoramento;

Abrangência de diferentes substratos litológicos.

A localização dos pontos de monitoramento, se suas características podem ser observadas nas Figuras 2. Seus códigos foram criados de acordo com o município ou distrito do qual fazem parte.

As propriedades mecânicas das margens estão relacionadas à sua composição granulométrica, e são geralmente responsáveis pelo grau de coesão dos materiais constituintes, o que pode interferir na resistência das margens à erosão. Diante disso, foram coletadas amostras na face de cada margem monitorada. Estas amostras foram tratadas no Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geociências da Universidade

Federal de Minas Gerais onde foram submetidas à análise granulométrica (peneiramento e pipetagem).

Foram realizadas duas medições da velocidade de fluxo (cheia/estiagem) durante o período monitorado, além disso, foi feita a mediação da carga suspensa (filtragem em laboratório) e caracterização da carga de leito (granulometria).

A Figura 3 ilustra o processo de monitoramento dos pontos na área.

---

<b>Nº.</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
<b>01</b>	<b>RA01</b>	Proximidades da confluência com o córrego Cortesia; substrato geológico do Supergrupo Rio das Velhas; área urbana; com altura aproximada de 7m, face vertical com presença de barra detrítica (barra de canal formada por seixos de um nível de terraço recente); técnica de pinos e fotografia.
<b>02</b>	<b>IT02</b>	Proximidades da confluência com o rio Maracujá em Cachoeira do Campo; substrato nas rochas cristalinas do Complexo do Bação; área de pastagem; mineração de areia no leito fluvial; presença de barras arenosas e ilhas vegetadas; com declividade suave; técnicas: pinos/estacas/perfilagens sucessivas/fotografia.
<b>03</b>	<b>GL03</b>	Montante da confluência com o Rio Maracujá; substrato nas rochas cristalinas do Complexo do Bação; área de pastagem; mineração de areia no leito fluvial; presença de pequenas barras arenosas; com face vertical; técnicas: pinos/estacas/fotografia.
<b>04</b>	<b>SB04</b>	Jusante de São Bartolomeu, distrito de Ouro Preto; rochas do Supergrupo Rio das Velhas (xistos); área de pastagem; presença de barra lateral de seixos em fase de estabilização por vegetação; margem com face vertical; técnicas: pinos/fotografia.
<b>05</b>	<b>SB05</b>	Proximidades de São Bartolomeu, distrito de Ouro Preto; rochas do Supergrupo Rio das Velhas (xistos); área de pastagem e núcleo urbano; presença de barra lateral de seixos, em fase de estabilização; margem com declividade suave; técnicas: pinos/fotografia.
<b>06</b>	<b>SB06</b>	Proximidades de São Bartolomeu, distrito de Ouro Preto; rochas do Supergrupo Rio das Velhas (xistos); área de pastagem; margem erosiva com face vertical; técnicas: pinos/fotografia.
<b>07</b>	<b>SB07</b>	Proximidades de São Bartolomeu, distrito de Ouro Preto; rochas do Supergrupo Rio das Velhas (xistos); área de pastagem; margem escalonada; presença de barra parcialmente vegetada com granulometria variada; técnicas: pinos/fotografia.

---

**Figura 2. Principais características dos pontos monitorados.**



**Figura 3 – Ilustração do processo de monitoramento (ponto RA1)**

#### **4. Resultados e Discussões**

Os resultados das variáveis monitoradas em cada ponto podem ser observados na Figura 4. Os valores das taxas erosivas demonstram uma certa variabilidade no trecho



estudado. No trecho entre os pontos **RA01** e **IT02**, os situados mais à jusante da área, o recuo foi mais expressivo, assumindo médias mensais entre 12 e 33 cm. Os demais pontos apresentaram recuo menos intenso, atingindo médias mensais entre 0,5 a 1,85 cm.

Dentre os pontos mais estáveis (**SB04**, **SB05**, **SB06** e **SB07**), houve uma pequena variação nas taxas, sendo que nos trechos de poços (termo aplicado no Quadrilátero Ferrífero para os ambientes fluviais marcados por menor energia de fluxo), as taxas foram nulas ou quase nulas. Já em trechos de corredeira (fluxo de alta energia geralmente com substrato de seixos), a taxa atingiu o máximo de 1,85 cm/mês (**SB04**), principalmente por processos de erosão do fluxo nas cheias, retirando os sedimentos da base das margens. O maior turbilhonamento da água e a maior energia derivados do substrato detrítico e do maior gradiente nas corredeiras explicam a maior probabilidade de recuo das margens nestes locais em relação às margens em trechos de poços. Por outro lado, as margens nas corredeiras têm no substrato detrítico justamente um fator de proteção à erosão do fluxo, em relação aos pontos mais à jusante onde as corredeiras não são mais encontradas. Como o substrato de seixos ocorre no leito fluvial e prolonga-se lateralmente, acaba oferecendo proteção à erosão na base das margens. Os seixos de quartzo e itabirito do Supergrupo Minas se encontram, geralmente, concrecionados, tendo sua resistência aumentada e bloqueando os processos de encaixamento da calha.

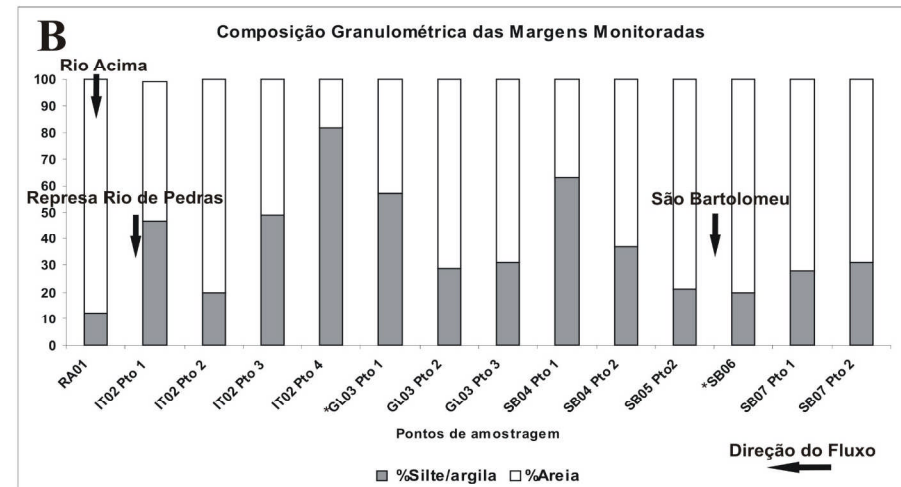
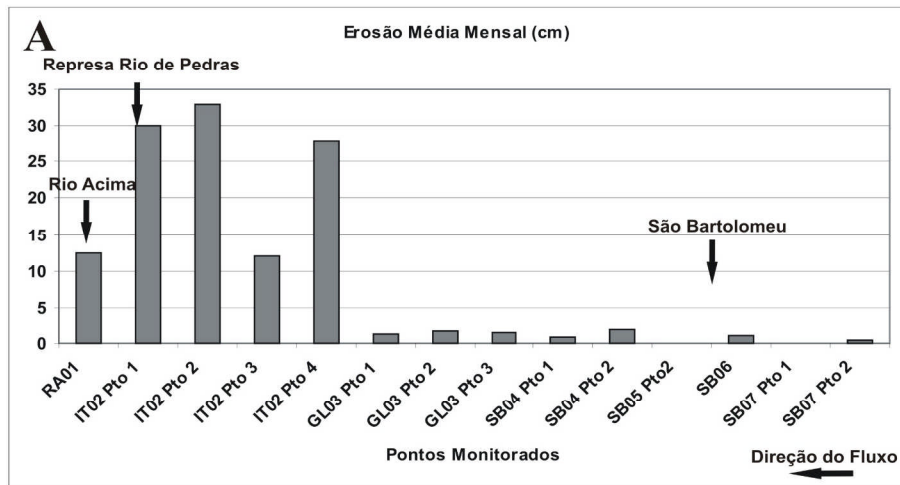
O ponto **GL03** se localiza em um trecho fluvial que corre sobre substrato cristalino nas rochas do Complexo do Bação (rochas friáveis). No entanto, a montante desse ponto os afluentes ainda correm sobre rochas do Supergrupo Minas (xistos, quartzitos, itabiritos). Portanto, as taxas erosivas são quase tão baixas como as dos pontos à montante, enquanto surgem, neste trecho, barras arenosas que denotam a ocorrência de ambientes deposicionais.

O ponto **IT02** representa o trecho de maior instabilidade das margens, fato explicado por um conjunto de variáveis naturais e antropogênicas. As taxas erosivas atingiram valores máximos no período de cheia. A textura fina do material das margens (arenosa fina, siltosa e argilosa) aumenta a susceptibilidade à saturação hídrica, desencadeando processos de deslizamentos de partes do pacote sedimentar durante as cheias. No período de estiagem houve predomínio de deposição nas margens. A carga suspensa também apresentou grande variação entre os dois períodos, fato explicado pelos significativos aportes de sedimentos provenientes do principal afluente do Rio das

Velhas na área. O Rio Maracujá transporta, principalmente no período chuvoso, elevada carga sedimentar gerada nos abundantes voçorocamentos da área. As rochas do Complexo do Bação são facilmente erodíveis. Como as vazões não aumentaram na mesma proporção que a carga sedimentar, parte do material é depositada no leito dando origem a barras de canal principalmente arenosas. Além disso, este trecho sofre reflexos da ação de dragas de mineração de areia que influenciam a estabilidade das margens e do lago da Represa Rio de Pedras. Esta represa representa um nível de base importante na área, devendo influenciar as variações de vazão e os processos de dinâmica das margens.

O ponto **RA01** está em um trecho fluvial tipicamente meandrante, com perfil transversal assimétrico, onde as maiores velocidades e taxas erosivas ocorrem nas margens côncavas. O principal processo de recuo das margens neste ponto foi a queda por gravidade, ou seja, a erosão teve um papel menos significativo que o movimento de massa. Estas quedas ocorrem a partir do cisalhamento do fluxo na base das margens, fazendo com que a porção superior sofra queda por falta de sustentação. Este processo ocorre durante todo o ano, mas intensifica-se no período de cheias. A dinâmica fluvial neste trecho é fortemente influenciada pela Serra do Curral, a qual vem representando uma barreira geomorfológica aos processos hidrossedimentológicos ao longo do Cenozóico (Magalhães Jr., 1993; Magalhães Jr. e Saadi, 1994).





\*Pontos GL03 e SB04: seixos de itabirito e quartzo com comprimento médio de 7 cm

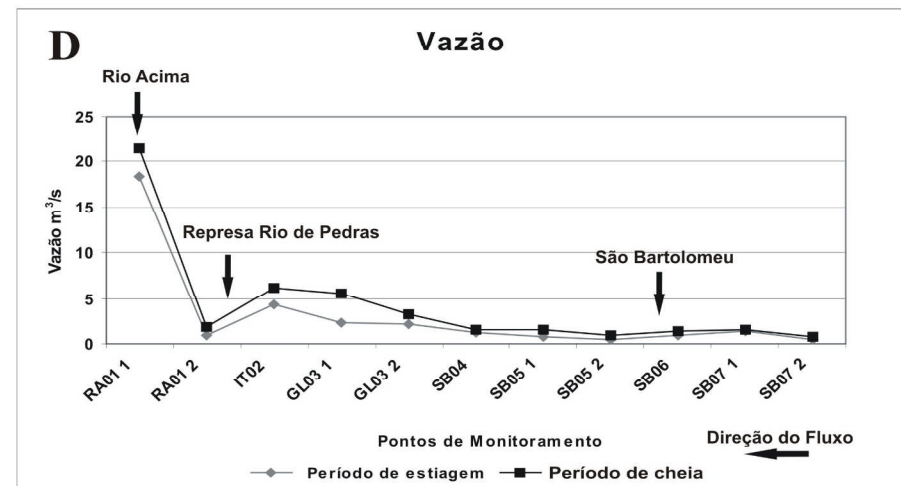
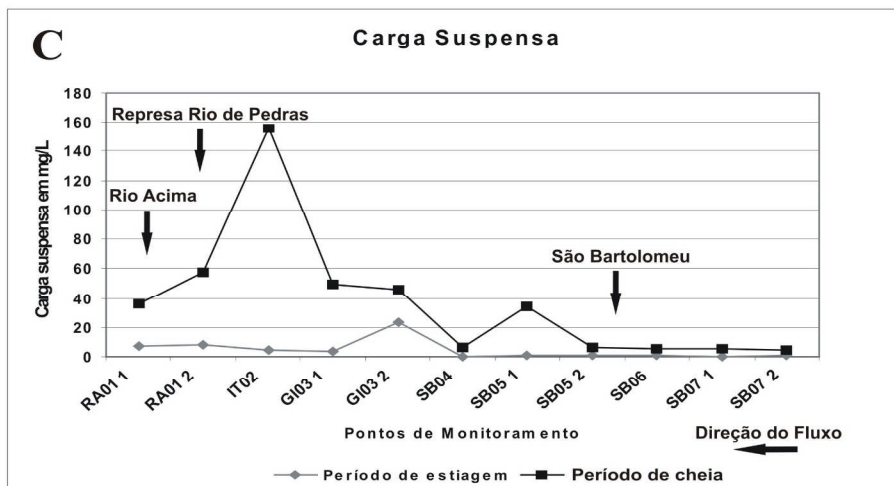


Figura 4 - Resultados das variáveis hidrossedimentológicas.

## **5. Considerações Finais**

Verificou-se que os principais processos de recuo das margens no alto Rio das Velhas são: a erosão fluvial, o deslizamento rápido de sedimentos com textura arenosa ou inferior, principalmente quando saturados em água nos períodos de cheia; e o processo de queda de materiais por gravidade devido ao cisalhamento do fluxo na base das margens. Todos estes processos são intensificados nos períodos de cheia devido às maiores vazões e à sua maior energia, bem como a saturação dos depósitos marginais.

Outros fatores importantes na interpretação dos resultados são a litologia do substrato rochoso (as margens situadas nas rochas do Complexo do Baçõ apresentam recuo mais rápido), a presença de um pavimento detrítico que encoraja o leito fluvial e forma uma barreira ao encaixamento, e a dinâmica tectônica regional reconhecidamente ativa durante o Cenozóico.

**Agradecimentos:** À FAPEMIG e ao CNPq pela viabilização financeira das pesquisas.

## **6. Referências Bibliográficas**

ALKMIM, F. F. & MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, 1991 90: 29–58p.

CAMARGOS, Luíza de Marillac Moreira. Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas: resumo executivo dezembro 2004/ Luíza de Marillac Moreira Camargos (coord.). - Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005. 228 p.

[http://aguas.igam.mg.gov.br/docs/cbh/velhas/plano\\_diretor\\_completo.pdf](http://aguas.igam.mg.gov.br/docs/cbh/velhas/plano_diretor_completo.pdf). Acessado em 04/10/2006.

FERNANDEZ, O. V. Q.; Mudanças no Canal do Rio Paraná e Processos de Erosão nas Margens: Região de Porto Rico (PR). IGC, UNESP, Dissertação de Mestrado, Rio Claro, SP; 1990; 96 pp.

MAGALHÃES JR, A. P. & SAADI, A. Ritmos da dinâmica fluvial neo-cenozóica controlados por soerguimentos regionais e falhamento: o vale do Rio das Velhas na região de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*. vol. 2 n. 1, 1994. p. 42-54

MAGALHÃES JR. A. P. Evolução da dinâmica fluvial cenozóica do Alto-médio Rio das Velhas na região de Belo Horizonte - MG. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado, 1993.