



Adequação e avaliação da aplicabilidade de um Protocolo de Avaliação Rápida na bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil

<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.872>

**Aline Sueli de Lima Rodrigues¹; Guilherme Malafaia²;
Adivane Terezinha Costa³; Hermínio Arias Nalini Júnior⁴**

¹Departamento de Gestão Ambiental do Instituto Federal Goiano – Urutaí, GO,
e-mail: rodriguesasl@yahoo.com.br,

²Departamento de Ciências Biológicas do Instituto Federal Goiano – Urutaí, GO,
e-mail: guilhermeifgoiano@gmail.com,

^{3,4}Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto, MG,
e-mails: adivane.costa@hotmail.com, herminio.nalini@gmail.com

RESUMO

No presente estudo, adaptou-se um PAR para avaliar as condições ambientais do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil. Em seguida o PAR foi aplicado em 31 trechos ao longo do seu curso e, posteriormente, avaliou-se a aplicabilidade/viabilidade do instrumento adaptado utilizando-se informações científicas sobre o histórico e o atual uso e ocupação da bacia do rio Gualaxo do Norte. Os resultados demonstraram que o PAR adaptado foi eficiente na avaliação das condições ambientais do rio sob investigação. Contudo, foi evidenciada a necessidade de se ater para avaliação de parâmetros, que podem ter sua visibilidade influenciada pelo período do ano (estiagem ou cheia) ou pela própria localização na bacia. Essa constatação permitiu concluir que a construção/adaptação dos PARs deve ser um processo contínuo de ajustes e aprimoramentos para que o seu emprego possa cobrir uma gama diversificada de tipologias fluviais, bacias hidrográficas e ecorregiões.

Palavras-chave: avaliação ambiental, monitoramento, aspectos físicos, recursos hídricos.

Adaptation and applicability assessment of the of a Rapid Assessment Protocol for the Gualaxo do Norte river basin, East-Southeast of the Quadrilátero Ferrífero, MG, Brazil

ABSTRACT

In this study, we adapted a Rapid Assessment Protocol methodology (RAP) to assess the environmental conditions of the Gualaxo do Norte River, East-Southeast of the Quadrilátero Ferrífero, MG, Minas Gerais, Brazil. Then the RAP was applied to 31 sections along its course and the applicability/viability of the adapted instrument using scientific information on the history and current use and occupation of the Gualaxo do Norte River basin was evaluated. The results showed that RAP was effectively adjusted to evaluate environmental conditions of river under investigation. However, it was observed the need to evaluate parameters that can have their appearance appraisal influenced by the season of the year (dry or wet) or by their location in the basin. It was concluded that the implementation/adaptation

of RAPs should be a continuous process of adjustments and improvements to the extent that their employment may cover a diverse range of rivers, watersheds and ecoregions.

Keywords: environmental assessment, monitoring, physic aspects, water resources.

1. INTRODUÇÃO

Caracterizados por uma grande variabilidade e complexidade de parâmetros bióticos e abióticos, essencialmente dinâmicos, os rios possuem papel fundamental para a manutenção da qualidade de vida. A história do homem está intimamente ligada aos sistemas fluviais, pois é no entorno destes que o ser humano se instala e continuamente explora os recursos daí advindos. Estes sistemas têm sido destinados a uma infinidade de usos ao longo do tempo, como a obtenção de água para fins domésticos, industriais e transporte, além da geração de energia elétrica pelo represamento de suas águas (Barrella et al., 2001; Primack e Rodrigues, 2002).

Qualquer atividade humana que altere os fatores básicos que determinam o balanço hídrico influencia a disponibilidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica podendo afetar diretamente o equilíbrio ecológico dos sistemas lóticos (Rebouças, 2002). No Brasil, existem casos em que a atividade humana melhora a oferta de recursos hídricos, alterando o tempo de residência das águas na superfície terrestre. Isso pode ser observado na construção de açudes no Nordeste brasileiro e do sistema de represamento nos complexos hidrelétricos do rio Tietê, rio Grande e rio Paraná. Por outro lado, a expansão de áreas para a agricultura resultou em grandes desmatamentos, principalmente em áreas de mata ciliar, as quais exercem grande influência sobre a qualidade dos corpos d'água e sobre a comunidade biológica nela existente (Vogel et al., 2009). O uso da terra, com remoção da cobertura vegetal e implementação da agricultura, normalmente degrada os recursos hídricos (Minatti-Ferreira e Beaumord, 2004). De acordo com Traina e Laperche (1999), a otimização da produção agrícola, realizada por meio do incremento de fertilizantes industriais, provoca distúrbios ecológicos que afetam diretamente o equilíbrio do ecossistema fluvial, principalmente quando estes fertilizantes são carregados para os cursos d'água.

Diante disto, tem se observado a crescente necessidade de monitorar as alterações ambientais e avaliar seus efeitos sobre os ecossistemas fluviais. A avaliação ambiental dos rios, como ferramenta de monitoramento destes ecossistemas, tem fornecido subsídios importantes para uma análise integrada da qualidade dos mesmos.

Nesse sentido, entender as características e a dinâmica dos corpos hídricos é fundamental para a determinação das condições ambientais dos ecossistemas fluviais, principalmente quando se parte do princípio de que as condições ambientais de um rio estão relacionadas aos aspectos físicos do *habitat*. Nesse contexto, uma ferramenta possível de ser utilizada para tais fins, são os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PARs), os quais têm a proposta de avaliar, de forma integrada, parâmetros físicos que determinam a qualidade do meio. Dessa forma, os PARs podem permitir a obtenção de informações que possibilitem o planejamento do uso e conservação dos recursos fluviais.

Por definição, os PARs são documentos de referência que reúnem procedimentos metodológicos aplicáveis à avaliação rápida, qualitativa e semi-quantitativa, de um conjunto de variáveis representativas dos principais componentes e fatores que condicionam e controlam os processos e funções ecológicas dos sistemas fluviais (Callisto et al., 2002; Rodrigues e Castro (2008a).

Nos PARs é estabelecido, em princípio, um limite considerado normal baseado em valores obtidos de locais minimamente perturbados, tidos como locais "referência" (Plafkin et

al., 1989), partindo da premissa de que os cursos d'água pouco afetados pela ação humana exibem melhores condições biológicas (Minatti-Ferreira e Beaumord, 2006). O gradiente de estresse ambiental é definido a partir da observação destes locais e de locais com vários graus de alterações, desde os pouco alterados até os muito degradados.

No Brasil, vários estudos têm utilizado os PARs como instrumentos de avaliação da estrutura e do funcionamento dos ecossistemas fluviais, como pode ser observado nos trabalhos de Xavier & Teixeira (2007), Dillenburg (2007), Padovesi-Fonseca et al. (2010); Krupek (2010), Firmino et al. (2011) e Lobo et al. (2011). Contudo, devido à inerente subjetividade do método, à simplicidade de sua aplicação e devido ao fato dos PARs não serem uma ferramenta robusta, torna-se necessário avaliar a sua aplicabilidade em contextos específicos, até mesmo no sentido de testar a sua real viabilidade enquanto instrumentos de monitoramento ambiental. Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo, adaptar um PAR, usá-lo para determinar as condições ambientais do rio principal da bacia do rio Gualaxo do Norte (contribuinte da bacia do rio Doce, MG) e, mais especificamente, auto-avaliar a adaptação realizada e sua aplicabilidade/viabilidade enquanto instrumento de avaliação de um rio de porte médio.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1. Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na bacia do rio Gualaxo do Norte, a qual possui uma área de aproximadamente 250 km² e apresenta um padrão de drenagem do tipo treliça e ocasionalmente dendrítico. A referida bacia tem suas cabeceiras localizadas nas proximidades do distrito de Antônio Pereira (Ouro Preto-MG) e Bento Rodrigues (Mariana-MG) (Figura 1) (Souza et al., 2005). O rio principal segue seu médio curso em direção a leste e deságua no rio do Carmo, no município de Barra Longa-MG (Costa, 2001). O rio do Carmo, após a confluência com o rio Piranga, segue em direção à Ponte Nova, com a designação de rio Doce.

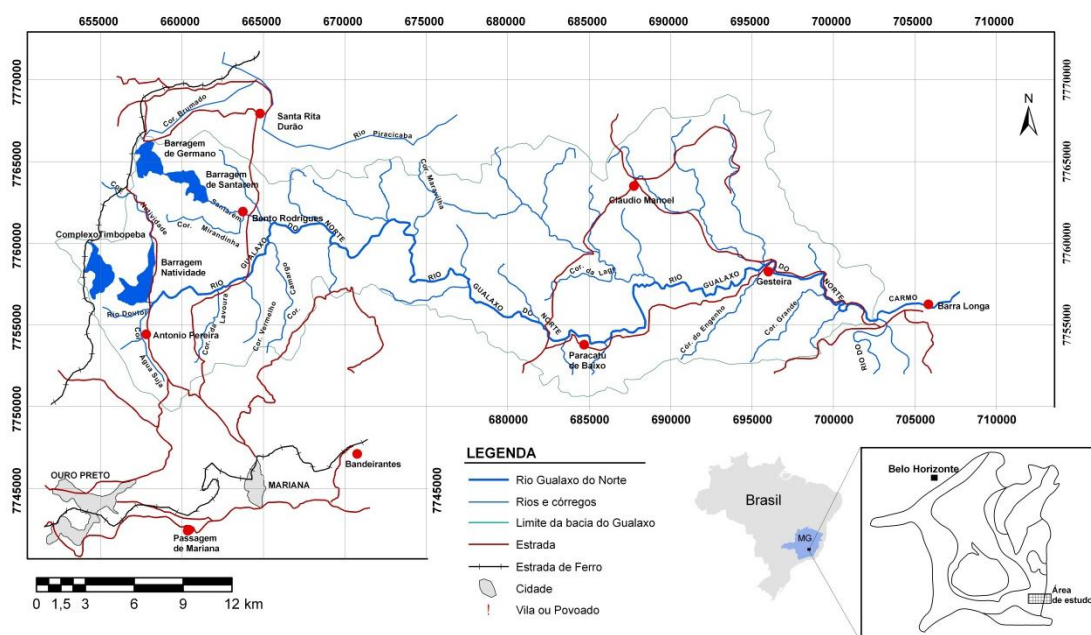


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Os pontos vermelhos do mapa referem-se às distritos dos municípios de Ouro Preto ou Mariana.

Geologicamente, o alto curso do rio Gualaxo do Norte situa-se nos domínios de rochas supracrustais do QF, principalmente quartzitos, itabiritos e filitos do Supergrupo Minas. Seu médio curso drena rochas arqueanas predominando gnaisses e metabásicas, litotipos característicos dos complexos metamórficos granito-gnáissicos, além de xistos e quartzitos do Supergrupo Rio das Velhas (*greenstone belt*). Já seu baixo curso drena gnaisses e granitos do Complexo Santa Bárbara (Costa et al., 2003).

2.2. Adaptação do protocolo utilizado

Inicialmente foi adaptado um PAR para avaliação das condições ambientais do rio Gualaxo do Norte. Para tanto, considerou-se como documento referência o protocolo proposto Rodrigues e Castro (2008b), específico para a avaliação de riachos inseridos em campos rupestres do bioma Cerrado. O PAR adaptado foi constituído por cinco parâmetros (deposição de sedimentos, alterações no canal, estabilidade das margens, proteção das margens pela vegetação, estado de conservação da vegetação do entorno), cujas descrições e gradientes de estresse ambiental podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1: Adaptação do protocolo de avaliação rápida de rios*

| ÓTIMA | BOA | REGULAR | PÉSSIMA |
|--|--|--|---|
| Parâmetro 1: “Deposição de sedimentos” | | | |
| Ausência ou pequeno alargamento de ilhas ou barras de pontal. | Alguns acréscimos recentes na formação de barras, predomínio de cascalho, areia ou sedimento fino. | Deposição moderada de cascalhos novos, areia ou sedimento fino em barras recentes e antigas. Sobreretudo, de origem antrópica. | Elevada deposição de material fino ou cascalho e aumento no desenvolvimento de barras devido, principalmente, às atividades antrópicas. |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| Parâmetro 2: “Alterações no canal” | | | |
| Ausência de canalizações e dragagens ou qualquer outra forma de interferência que possa afetar o curso d’água. Nesse caso, o curso d’água segue com padrão natural. | Presença de pequenas canalizações, em geral em área para apoio de pontes ou evidência de canalizações antigas e de dragagem, mas com ausência de canalizações recentes. Não há evidências de que o leito tenha sido explorado por atividades antrópicas. | Presença de diques, terraplanagens, aterros, barragens ou estruturas de escoramentos em ambas as margens. Há evidências antigas de que o leito já foi explorado pela atividade garimpeira ou ainda por dragagem para retirada de areia/cascalho. | Margens revestidas com gabiões ou cimento e o curso d’água encontra-se canalizado ou pode ser observado forte evidência de revolvimento das margens para exploração recente pelas atividades garimpeiras. |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| Parâmetro 3: “Estabilidade das margens” | | | |
| Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas nas margens; pouco potencial para problemas futuros. | Margens moderadamente estáveis, com presença de áreas com erosões cicatrizadas. | Margens moderadamente instáveis. As margens apresentam-se erodidas e o potencial à erosão é alto durante as cheias. | Margens instáveis e muitas áreas erodidas. A erosão é frequente ao longo da seção reta e nas curvas. |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| Parâmetro 4: “Proteção das margens pela vegetação” | | | |
| Mais de 90% da superfície das margens e imediata zona ripária é coberta por vegetação nativa. A maioria das plantas pode crescer naturalmente. | De 70 a 90% da superfície marginal é coberta por vegetação nativa; não sendo observadas grandes descontinuidades. | De 50 a 70% da superfície das margens está coberta pela vegetação, havendo uma mistura de locais onde o solo está coberto e locais onde não há presença de vegetação nativa. | Menos de 50% da superfície das margens está coberta por vegetação nativa. É evidente a descontinuidade da vegetação do entorno sendo esta praticamente inexistente. |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| Parâmetro 5: “Estado de conservação da vegetação do entorno” | | | |
| A vegetação do entorno é composta por espécies nativas em bom estado de conservação e não apresenta sinais de degradação causada por atividades humanas, como pastagens ou áreas de cultivo. | A vegetação é composta não só por espécies nativas, mas também por exóticas, contudo está bem preservada. Mínima evidência de impactos causados por atividades humanas. | A vegetação presente é constituída por espécies exóticas e há pouca vegetação nativa. É possível perceber impactos de atividades humanas sobre a vegetação do entorno. | A vegetação nativa do entorno é praticamente inexistente e as atividades humanas, tais como pastagens e áreas de cultivo são intensas. Além disso, o solo pode estar exposto às intempéries naturais. |
| 4 | 3 | 2 | 1 |

*Fonte: Adaptado de Rodrigues e Castro (2008b).

A adaptação constituiu-se de ajustes e aprimoramentos no que diz respeito aos parâmetros a serem avaliados, as pontuações a serem atribuídas a cada um deles (que levam a uma classificação da condição ambiental) e à descrição desses parâmetros, muito úteis no momento da avaliação do trecho in situ. Para a realização dessa etapa, várias visitas a campo foram realizadas (no período de chuva e de estiagem da região) com o intuito de determinar a tipologia fluvial que melhor se enquadrava o rio a ser avaliado, bem como as características fitofisionômicas encontradas na bacia.

Além disso, buscou-se identificar, por meio de observações direta dos pesquisadores, as principais atividades antrópicas desenvolvidas nos trechos visitados. Essas observações referem-se principalmente aos impactos ambientais na área, bem como ao uso e ocupação da paisagem. Vale salientar que os parâmetros substratos e/ou habitats disponíveis, soterramento, regimes de velocidade e profundidade, frequência de corredeiras, substratos em poços, diversidade de poços e sinuosidade do canal, considerados no PAR proposto por Rodrigues e Castro (2008b), não foram incluídos no PAR utilizado no presente estudo. Isso se deve à diferença entre as características e classificação dos rios considerados no trabalho de Rodrigues e Castro (2008b) e as características regionais da área foco do presente estudo.

No PAR adaptado, para cada um dos parâmetros avaliados, foi atribuído um valor correspondente à situação verificada no local da avaliação, podendo variar de uma situação péssima (pontuação de 0 a 1), regular (de 1,1 a 2), boa (de 2,1 a 3) até uma situação ótima (de 3,1 a 4). Para os parâmetros cuja avaliação envolveu as margens do canal (esquerda e direita) a pontuação foi atribuída a cada margem separadamente, sendo o resultado obtido por meio da média das pontuações de cada uma das margens.

Ao final da aplicação do PAR nos trechos selecionados, os resultados foram obtidos por meio da média dos valores atribuídos a cada parâmetro do protocolo. Estes resultados foram totalizados, analisados e comparados a uma condição referência, sendo posteriormente expressos graficamente.

2.3. Aplicação do protocolo adaptado

Após a adaptação do PAR, o mesmo foi aplicado (no período de estiagem da região) em 31 diferentes trechos ao longo do rio Gualaxo do Norte, os quais apresentavam diferentes níveis de impacto ambiental. Os critérios utilizados para seleção dos trechos analisados basearam-se nas características ecomorfológicas dos cursos d'água, as quais incluem geologia local, vegetação e relevo, condizentes com os parâmetros propostos no PAR utilizado, bem como pela facilidade de acesso aos trechos. Em cada trecho estudado, o PAR foi aplicado conjuntamente por dois avaliadores previamente treinados. A localização geográfica dos trechos avaliados pode ser observada na Figura 2 (Seção “Resultados e Discussão”). Vale salientar que essa etapa foi útil não apenas para avaliação/reconhecimento das condições ambientais atuais do rio Gualaxo do Norte, por meio do PAR, mas também para testar a aplicabilidade/viabilidade da ferramenta utilizada.

2.4. Avaliação da aplicabilidade/viabilidade do protocolo proposto

Após a aplicação do PAR adaptado, avaliou-se a aplicabilidade/viabilidade do protocolo proposto enquanto instrumento capaz de detectar com eficiência pequenos ou grandes impactos ambientais no rio avaliado. Essa avaliação foi realizada utilizando-se de informações de variada natureza, obtidas por meio da literatura científica, as quais incluíram, sobretudo, o histórico e o atual uso e ocupação da bacia do rio Gualaxo do Norte. Buscou-se nesse momento adotar um olhar crítico sobre o próprio método de avaliação e evitar vieses que pudessem influenciar essa etapa do estudo, como por exemplo, o grau de conhecimento dos pesquisadores sobre a região estudada.

Quadro 2-Trechos avaliados, condições e suas principais características

| Cabeceira da bacia | Trecho | Condição | Características |
|---------------------------|---------------|-----------------|--|
| ↓ | 01 | Regular | Deposição moderada de sedimentos, presença de algumas atividades humanas, margens moderadamente instáveis, margens cobertas por pouca vegetação nativa. |
| | 02 | Regular | |
| | 03 | Ótima | Ausência de assoreamento, de atividades humanas como garimpagem, de áreas desmatadas e de margens instáveis e presença de vegetação nativa ciliar bem preservada. |
| | 04 | Boa | Alguns acréscimos recentes de deposição de sedimentos, presença de pequenas canalizações, margens moderadamente estáveis e com cobertura vegetal (não sendo observadas grandes descontinuidades) e presença de vegetação nativa e exótica. |
| | 05 | Ótima | Semelhante ao trecho 03 |
| | 06 | Ruim | Elevada deposição de material sedimentar, forte evidência de atividade humana, como garimpagem, margens instáveis e com pouca vegetação ciliar e muitas áreas erodidas. |
| | 07 | Ruim | |
| | 08 | Ruim | |
| | 09 | Ruim | |
| | 10 | Regular | Semelhante ao trecho 01 |
| | 11 | Regular | |
| | 12 | Regular | |
| | 13 | Ótima | Semelhante ao trecho 03 |
| | 14 | Boa | Semelhante ao trecho 04 |
| | 15 | Regular | Semelhante ao trecho 01 |
| | 16 | Regular | |
| | 17 | Regular | |
| | 18 | Boa | Semelhante ao trecho 04 |
| | 19 | Regular | Semelhante ao trecho 01 |
| | 20 | Regular | |
| | 21 | Regular | |
| | 22 | Regular | |
| | 23 | Regular | |
| | 24 | Regular | |
| | 25 | Regular | |
| | 26 | Regular | |
| | 27 | Regular | |
| | 28 | Regular | |
| | 29 | Boa | Semelhante ao trecho 04 |
| | 30 | Regular | Semelhante ao trecho 01 |
| | 31 | Regular | |
| Foz da bacia | | | |

Os resultados específicos das avaliações dos parâmetros “*deposição de sedimentos*”, “*estabilidade das margens*”, “*proteção das margens pela vegetação*” e “*estado de*

conservação da vegetação do entorno”, mostraram que os mesmos foram os que apresentaram as piores condições ambientais, quando comparados à condição *referência*, todos classificados em uma condição “*regular*” (médias de 1,97, 1,80, 1,71 e 1,71, respectivamente). Já os resultados da avaliação do parâmetro “*alterações do canal*” mostraram que este foi o único que apresentou uma condição classificada como “*boa*” (média de 2,61).

Em relação às atividades antrópicas observadas ao longo do rio Gualaxo do Norte, as mais comuns foram o desmatamento da vegetação do entorno para a criação de áreas de pastagens (observada em 76,2% dos segmentos avaliados), os efeitos negativos no rio por atividades garimpeiras para a extração de ouro (61,9%) e a substituição das áreas de mata nativa por áreas de cultivo (52,4%). Poucos foram os trechos observados, nos quais havia presença de mata ciliar nativa e bem preservada. Construções de residências próximas às encostas, bem como lançamento de esgotos domésticos e presença de lixo nas margens e no leito do rio foram também observados. A Figura 3 ilustra de maneira esquemática as principais atividades antrópicas observadas ao longo do rio Gualaxo do Norte.

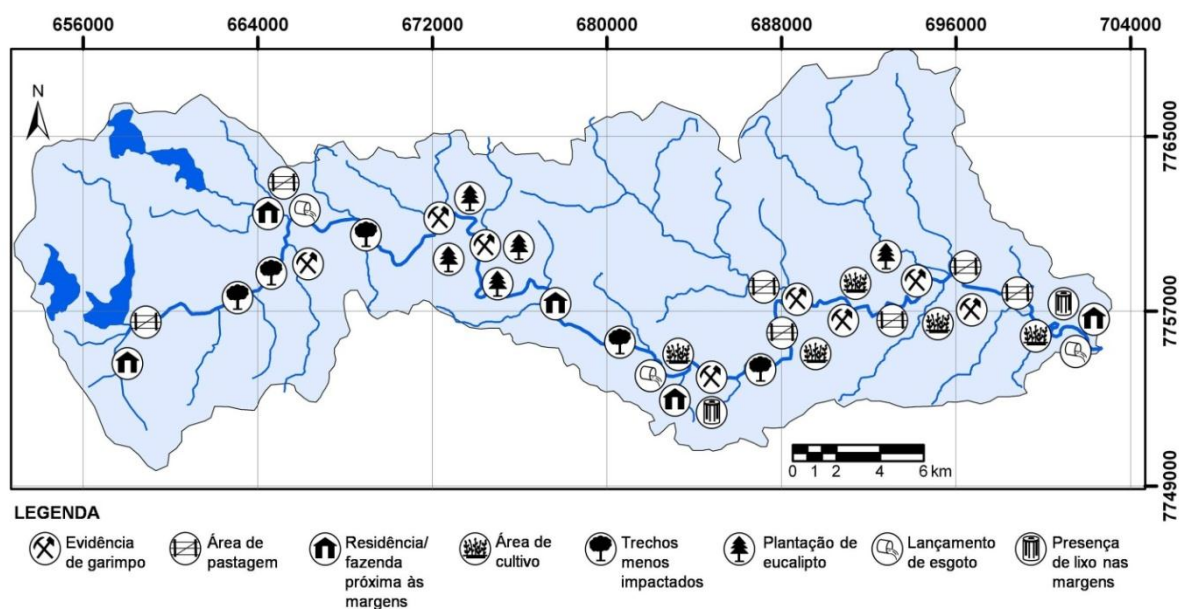


Figura 3. Principais atividades antrópicas observadas ao longo do rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil.

A realização de avaliações ambientais ou de monitoramento contínuo de cursos d’água em diferentes contextos, certamente contribuem para identificação precoce de impactos que podem causar sérios e irreversíveis danos a esses ecossistemas. Contudo, é imprescindível que os instrumentos utilizados nessas avaliações ou nesses monitoramentos sejam sensíveis a ponto de detectar pequenas mudanças nas condições naturais desses ecossistemas e que sejam confiáveis e legítimos. Se porventura, esses instrumentos forem capazes de detectar apenas impactos fortemente evidenciados ou em estágios de degradação avançada, sua utilização pode ser considerada sem efeito.

Ao analisarmos especificamente os resultados da avaliação de cada parâmetro avaliado, alguns aspectos merecem destaque. Para o parâmetro “*deposição de sedimentos*”, o PAR evidenciou uma pontuação que converge para uma condição “*regular*” (média de 1,97 pontos). De fato, em vários trechos avaliados foi possível observar claramente intensa deposição de sedimentos, como pode ser observado na Figura 4A e 4B, a qual pode estar

relacionada a processos de erosão observados em outros tantos trechos do rio principal e ao processo de exploração mineral histórico e atual na região da bacia estudada. Estudos desenvolvidos na área, sobretudo aqueles que enfocam análise da geoquímica de sedimentos fluviais, corroboram as evidências detectadas pelo PAR (Eleutério, 1997; Costa, 2001; Costa et al., 2003; Windmüller et al., 2007; Costa et al., 2010). Ressalta-se que a expansão das explorações do minério de ferro no alto curso da bacia tem contribuído para o aumento de sólidos em suspensão que se depositam no médio e baixo curso, principalmente durante o período chuvoso, conforme evidenciado recentemente por Rodrigues (2012).

Contudo, deve-se ressaltar que a avaliação da deposição de sedimentos no rio em questão foi prejudicada algumas vezes pela impossibilidade de visualização do leito do rio. Por se tratar de um rio de médio porte, o qual pode apresentar, naturalmente, trechos com maior profundidade, sobretudo, em remansos ou poços, a determinação do grau de deposição de sedimentos no fundo do rio foi impossibilitada (Figura 4B e 4C).

Outro problema refere-se à época em que o PAR deve ser aplicado. Se considerarmos sua aplicação em períodos de chuvas, mesmo naqueles trechos onde a profundidade é menor e que o leito do rio é evidente, a visibilidade do leito do rio será prejudicada, dada ao aumento da turbidez da água, inerente a essas épocas do ano. Nesses casos, tais constatações indicam que é necessário que uma avaliação cuidadosa desse parâmetro seja realizada, a fim de impedir a criação de vieses tendenciosos que mascarem as reais condições do rio sob avaliação. Sugere-se, portanto, que a avaliação desse parâmetro seja realizada apenas em trechos de rios nos quais é visível o seu leito (e nesse caso, as notas dos trechos cuja visualização do leito é prejudicada não seria computada) ou apenas em épocas favoráveis a essa visualização (i.e.: estiagem).

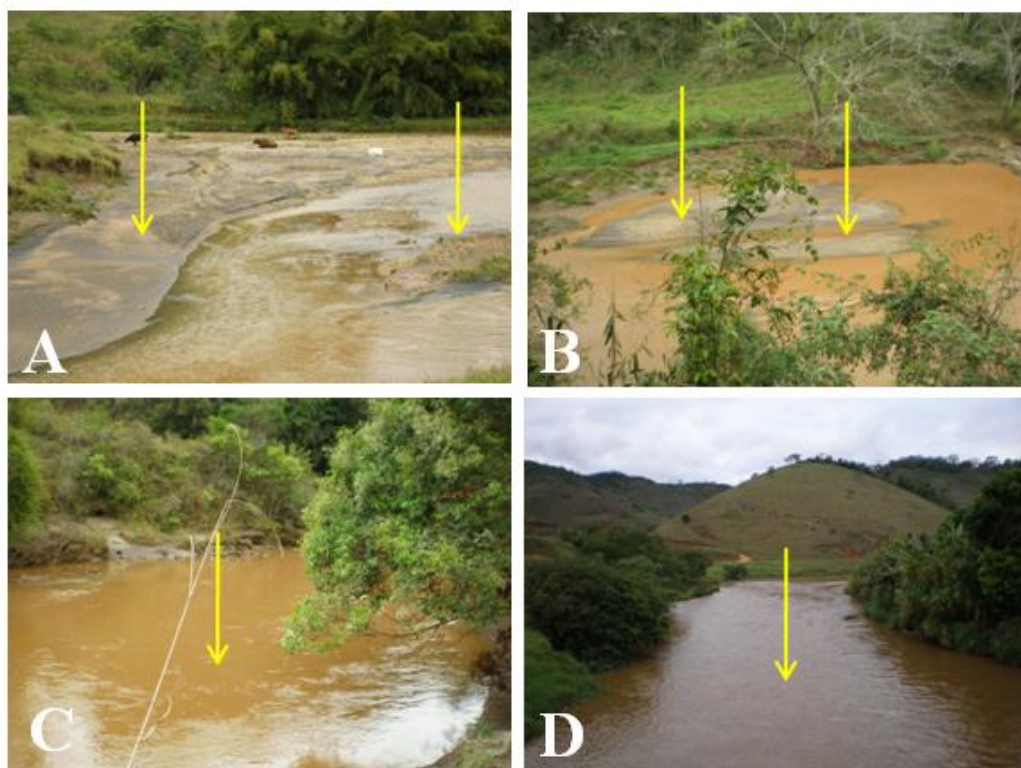


Figura 4. (A e B) Trechos do rio Gualaxo do Norte nos quais foi possível visualizar e avaliar o grau de deposição de sedimentos no seu leito (A e B) e trechos nos quais essa visualização/avaliação não foi possível (C e D).

Em relação ao parâmetro “*alterações no canal*”, pode-se dizer que os resultados obtidos pelo PAR foram condizentes com a realidade observada. Embora se observe um crescimento populacional dos distritos e vilarejos localizados no entorno do rio Gualaxo do Norte, assim como a expansão das atividades relacionadas à agricultura e agropecuária na região (conforme discutido em Souza et al. (2005)), em geral, alterações drásticas no canal fluvial que têm como consequências, por exemplo, mudanças do curso do rio não, foram observadas.

As exceções englobam alguns poucos trechos com intensa atividade de exploração mineral recente, como por exemplo, aquela observada no garimpo do Engenho Podre no distrito de Monsenhor Horta (Mariana, MG) (Figura 5) e constatada também pelo trabalho de Amade e Lima (2009). De todo modo, estudos na área com enfoque em diagnóstico ambiental, ainda não foram conduzidos de forma sistemática, o que dificulta uma comparação dos dados obtidos neste estudo a trabalhos de natureza semelhante. Porém, considerando que não foram identificadas incoerências metodológicas, acredita-se que o PAR proposto tenha sido eficiente na avaliação desse parâmetro.



Figura 5. Fotos do Engenho Podre em Monsenhor Horta (Mariana, MG), as quais ilustram a influência do garimpo de ouro sobre o canal do rio Gualaxo do Norte. A foto em (B) foi extraída do estudo de Amade e Lima (2009).

Sobre o parâmetro “*estabilidade das margens*”, o PAR evidenciou condições ruins ou regulares e de baixa qualidade ambiental em diversos trechos avaliados. De fato, as observações *in situ* aliadas a estudos realizados na bacia do rio Gualaxo do Norte que indiretamente mostram resultados semelhantes, dão sustentação aos resultados obtidos por meio da aplicação do PAR. É comum na área estudada a observação de margens erodidas próximas a áreas de pastagens ou agricultura, conforme pode ser observado na Figura 6. Um aspecto positivo do PAR utilizado refere-se à possibilidade de identificação de trechos com diferentes graus de erosão (que indicam um gradiente crescente de instabilidade das margens). Isso é importante, pois permite a identificação de trechos nos quais o processo erosivo é incipiente, sendo possível a adoção de medidas relativamente simples para o controle e estabilização das margens.

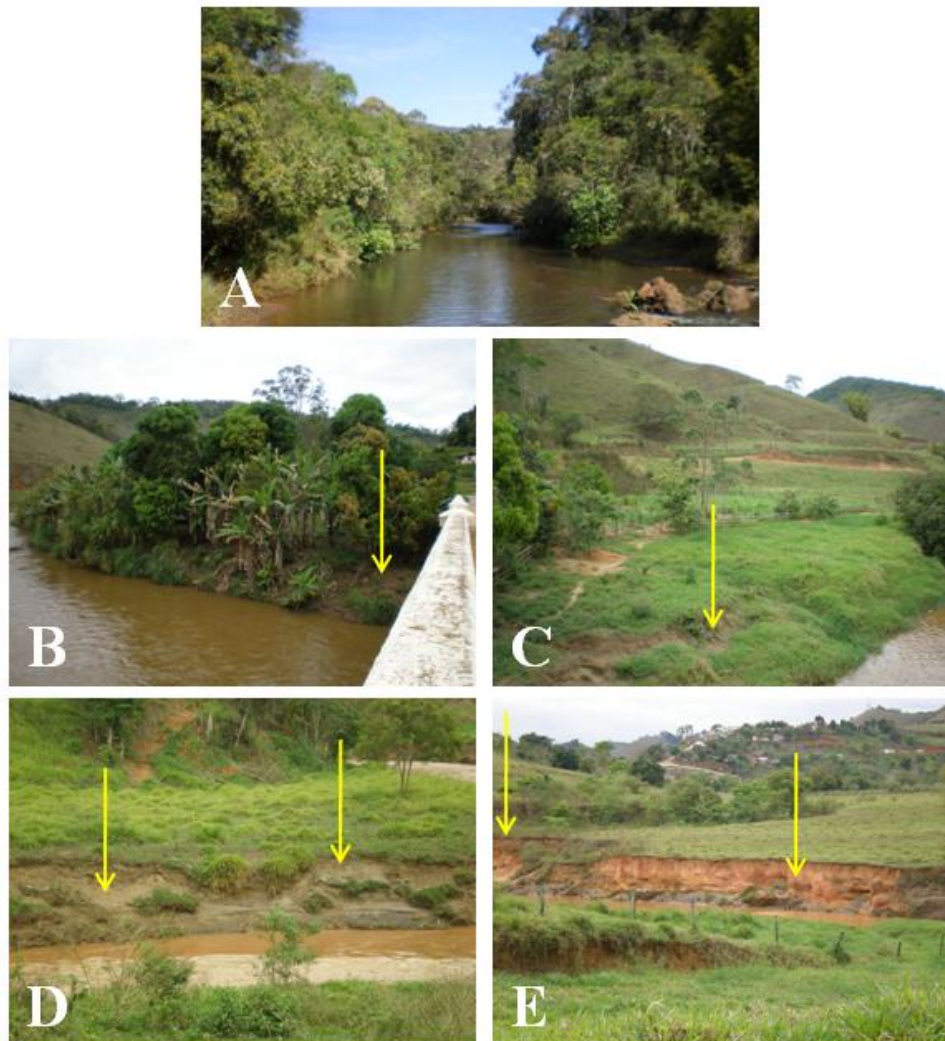


Figura 6. A) Exemplo de trecho cujas margens estão preservadas e sem sinal de erosão – condição “referência” e (B, C, D e E) exemplos de trechos que apresentam gradiente crescente, respectivamente, de erosão nas margens. As setas indicam margens em processo de erosão.

No que tange aos parâmetros “proteção das margens pela vegetação” e “estado de conservação da vegetação do entorno”, os resultados obtidos pelo PAR também indicaram baixa qualidade ambiental para os mesmos. Outros estudos desenvolvidos na bacia do rio Gualaxo do Norte de fato demonstram, ainda que indiretamente, que em vários trechos não é possível observar vegetação ripária com características naturais ou vegetação do entorno com ausência total de interferência antrópica (Costa et al., 2007; Gazel et al., 2009; Oliveira et al., 2009; Gonçalves, 2009).

Isso pode ser explicado pelo uso intensivo das planícies de inundação e áreas adjacentes para criação de gado ou áreas de cultivo. Souza et al. (2005), em estudo sobre cartografia e diagnóstico geoambiental aplicados ao ordenamento territorial de Mariana, MG, destacaram que os sub-distritos de Paracatu e Pedras ao longo do rio Gualaxo do Norte estão entre as áreas da bacia cujas ocupações dessa natureza são mais representativas. Esses dados coincidem com os trechos evidenciados pelo PAR como aqueles que receberam baixas pontuações para o parâmetro “proteção das margens pela vegetação”. Sendo assim, considerou-se eficiente a utilização do PAR para a avaliação desse parâmetro.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, pôde-se concluir que o PAR adaptado se mostrou eficiente na avaliação das condições ambientais do rio sob investigação. As adaptações realizadas agregaram atributos básicos da ecomorfologia de ambientes fluviais, tanto presentes em áreas naturais ou pouco impactadas, quanto em áreas fortemente antropizadas. Contudo, evidenciou-se a necessidade de se ater para avaliação de parâmetros, pelo PAR, que podem ter sua visibilidade influenciada pelo período do ano (estiagem ou cheia) ou pela própria localização na bacia.

Em relação às avaliações realizadas no rio Gualaxo do Norte, pela aplicação do PAR, essas permitiram detectar prejuízos na condição ambiental de vários segmentos do rio Gualaxo do Norte.

5. REFERÊNCIAS

- AMADE, P.; LIMA, H. M. Desenvolvimento sustentável e garimpo – O caso do garimpo do Engenho Podre em Mariana, Minas Gerais. **REM: Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 62, n. 2, p. 237-242, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672009000200016>.
- BARRELLA, W.; PETRERE JR., M.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. M.; LEITÃ FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP; Fapesp, 2001. p. 187-208.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasiliensia**, Sorocaba, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.
- COSTA, A. A.; GONÇALVES, I. S.; DIAS, H. C. T. Avaliação da revegetação das margens do rio Gualaxo do Norte após a extração de ouro por draga em Mariana/MG. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 1., 2007, Taubaté. O eucalipto e o ciclo hidrológico. **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2007. p. 275-278.
- COSTA, A. T. **Geoquímica das águas e dos sedimentos da Bacia do Rio Gualaxo do Norte, leste – sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG): estudo de uma área afetada por atividade de extração mineral**. 2001. 146f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001.
- COSTA A. T.; NALINI JR., H. A.; LENA, J. C.; FRIESE, K.; MAGES, M. Surface water quality and sediment geochemistry in the Gualaxo do Norte basin, eastern Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Environmental Geology**, Alabama, v. 45, n. 2, p. 226-235, 2003. <http://dx.doi.org/10.1007/s00254-003-0870-6>
- COSTA, A. T.; NALINI JR., H. A.; CASTRO, P. T. A.; TATUMI, S. H. Análise estratigráfica e distribuição do arsênio em depósitos sedimentares quaternários da porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, bacia do Ribeirão do Carmo, MG. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 703-714, 2010.

- RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; COSTA, A. T.; NALINI-JÚNIOR, H. A. Adequação e avaliação da aplicabilidade de um Protocolo de Avaliação Rápida na bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG, Brasil). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 231-244, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.872>)
- DILLENBURG, A. K. A importância do monitoramento ambiental na avaliação da qualidade de um rio – estudo de caso – Mercedes, PR. **Revista Urutágua – Revista Acadêmica Multidisciplinar**, Maringá, n. 12, p. 1-10, 2007.
- ELEUTÉRIO, L. **Diagnóstico da situação ambiental da cabeceira da bacia do rio Doce, MG, no âmbito das contaminações por metais pesados em sedimentos de fundo**. 1997. 154f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1997.
- FIRMINO, P. F.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de rios localizados no município de Ipameri, Sudeste do Estado de Goiás, através de um protocolo de avaliação rápida. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 15, n. 2, p. 1-12, 2011.
- GAZEL, D. L. T.; TAMOS, D. C.; DIAS, H. C. T. Revegetação das áreas mineiradas pela extração de ouro por draga nas margens do Rio Gualaxo do Norte, Mariana-MG. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2., 2009, Taubaté. Recuperação de áreas degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade. **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2009. p. 297-304.
- GONÇALVES, I. S. **Relação solo-vegetação em mata ciliar do Rio Gualaxo do Norte, município de Mariana, Minas Gerais**. 2009. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- KRUPEK, R. A. Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p. 147-158, 2010.
- LOBO, E. A.; VOOS, J. G.; ABREU JR., E. F. Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do Sul do Brasil. **Caderno de Pesquisa série Biologia**, Santa Cruz, v. 23, n. 1, p. 18-33, 2011.
- MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Avaliação rápida de integridade ambiental das sub-bacias do rio Itajaí-Mirim no Município de Brusque, SC. **Revista Saúde e Ambiente**, Joinville, v. 5, n. 2, p. 21-27, 2004.
- MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. **Revista Saúde e Ambiente**, Joinville, v. 7, n. 1, p. 39-47, 2006.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS, H. C. T.; MELO, F. O.; GONÇALVES, I. S. Identificação da zona ripária no rio Gualaxo do Norte através da fenologia da vegetação local. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2., 2009, Taubaté. Recuperação de áreas degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade. **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2009. p. 601-608.
- PADOVESI-FONSECA, C.; CORRÊA, A. C. G.; LEITE, G. F. M.; JOVELI, J. C.; COSTA, L. S.; PEREIRA, S. T. Diagnóstico da sub-bacia do reibeirão Mestre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 43-56, 2010. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.118>.

- RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; COSTA, A. T.; NALINI-JÚNIOR, H. A. Adequação e avaliação da aplicabilidade de um Protocolo de Avaliação Rápida na bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG, Brasil). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 231-244, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.872>)
- PLAFKIN, J. L.; BARBOUR, M. T.; PORTER, K. D.; GROSS, S. K.; HUGHES, R. M. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish**. Washington: EPA, 1989. 339 p.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Vida, 2002. 328 p.
- REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 1-37.
- RODRIGUES, A. S. L. **Caracterização da bacia do rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil: avaliação geoquímica ambiental e proposição de valores de *background***. 2012. 184f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.
- RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-170, 2008a.
- RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Adaptation of a rapid assessment protocol for rivers on rocky meadows. **Acta Limnologica Brasiliense**, Sorocaba, v. 20, n. 4, p. 291-303, 2008b.
- SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G.; PRADO-FILHO, J. F. Cartografia e diagnóstico geoambiental aplicados ao ordenamento territorial do município de Mariana-MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3, p. 189-204, 2005.
- TRAINA, S. J.; LAPERCHE, V. Contaminant bioavailability in soils, sediments, and aquatic environments. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 96, n. 7, p. 3365–3371, 1999. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.96.7.3365>.
- VOGEL, H. F.; ZAWADZKI, C. H.; METRI, R. Florestas ripárias: importância e principais ameaças. **Sabios: Revista de Saúde e Biologia**, Campo Mourão, v. 4, n. 1, p. 24-30, 2009.
- XAVIER, A. L.; TEIXEIRA, D. A. Diagnóstico das nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio São João em Itaúna, MG. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: SEB, 2007. p. 1-2.
- WINDMÖLLER, C. C.; SANTOS, R. C.; ATHAYDE, M.; PALMIERI, H. E. L. Distribuição e especiação de mercúrio em sedimentos de áreas de garimpo de ouro do Quadrilátero Ferrífero (MG). **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1088-1094, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000500007>.