IV-045 - AVALIAÇÃO DE AÇÕES DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DO RIBEIRÃO ÁGUA SUJA EM NOVA LIMA/MG

Katiane Cristina de Brito Almeida[(1)]
Bióloga pela PUC de Minas Gerais e Curso de Especialização em Meio Ambiente e Gestão de Recursos Hídricos pelo CEFET - MG. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia da UFMG. Analista Ambiental no Instituto Mineiro de Gestão das Águas – MG, atualmente é coordenadora do Programa Águas de Minas.
Ludmila Vieira Lage
Estatística pela Universidade Federal de Minas Gerais. Pesquisadora na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira [(2)]
Engenheira Eletricista, Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia da UFMG. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da UFMG.

Endereço[(1)]**:** Cidade Administrativa - Edifício Minas 1º andar. Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n - Bairro Serra Verde - Belo Horizonte - MG - CEP: 31.630-900 - Tel: +55 (31) 3915-1155 - e-mail: katianebritto@meioambiente.mg.gov.br; [(2)]silvia@desa.ufmg.br.

RESUMO

Esse estudo avaliou os dados de monitoramento de arsênio total do ribeirão Água Suja em Nova Lima, MG, considerando a série histórica de monitoramento de dados do IGAM durante o período de 1998 a 2011. Os resultados mostraram elevados teores de arsênio nesse corpo de água ao longo do monitoramento em virtude da presença natural desse elemento na região, como também pela contribuição proveniente das atividades de mineração ao longo de três séculos. Entretanto, observou-se uma tendência de redução das concentrações de arsênio total a partir do ano de 2004. O teste estatístico Mann-Whitney mostrou que houve uma diferença significativa entre os resultados de arsênio nas águas superficiais do ribeirão Água Suja obtidos para os períodos de 1998 a 2003 e 2004 a 2011. A redução observada pode ser atribuída às obras de reabilitação ambiental da pilha de estéril do antigo depósito do Morro do Galo iniciada em 2003 e finalizada no ano de 2004, como consequência de um termo de ajustamento de conduta assinado entre a promotoria e a atual empresa de mineração de ouro da região, com interveniência da FEAM.

PALAVRAS-CHAVE: Ribeirão Água Suja, arsênio total, reabilitação ambiental.

INTRODUÇÃO

O programa de monitoramento da qualidade das águas superficiais no Estado de Minas Gerais é realizado, através do Projeto Águas de Minas, desde 1997. Esse monitoramento gera uma base de dados de valores de mais de 50 parâmetros de qualidade de água medidos em 543 estações de monitoramento distribuídas no Estado com frequência de leituras variando de mensal a anual. Assim, são detectadas as tendências de variação da qualidade das águas, que são empregadas para estabelecer políticas públicas de controle ambiental tais como metas a serem atingidas para adequar os usos da água a níveis apropriados ao seu padrão de qualidade.

A estação de amostragem BV062, localizada no ribeirão Água Suja a montante do Rio das Velhas, vem sendo monitorada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM desde 1997. Esse ribeirão é formado pelo encontro do córrego Cardoso com o ribeirão Cristais, abaixo da área urbana de Nova Lima, em cujo vale foram depositados rejeitos de mineração (1930-1940) contendo expressivos teores de arsênio. Na margem direita do ribeirão Água Suja, em frente ao depósito do Galo, uma fábrica de trióxido de arsênio começou a ser construída em 1910 e funcionou no início da década de 1940 até 1975. A matéria prima era o minério da Mina Morro Velho, que apresentava elevado teor de arsenopirita, que era transformada em trióxido de arsênio, por sua vez recuperado e comercializado. De Acordo com Mattos (2004) os elevados teores de arsênio presente nas águas do ribeirão Água suja são provenientes do passivo da mineração de ouro existente na região, comprovando a necessidade de uma intervenção corretiva no antigo depósito de rejeitos da mineradora.

Em consequência de um termo de ajustamento de conduta assinado entre a promotoria e a atual empresa de mineração de ouro da região, com interveniência da Fundação Estadual de Meio Ambiente de MG - FEAM, iniciou-se em 2003 a recuperação de seis antigos depósitos de rejeitos da mineração de ouro. As intervenções consistiram no enclausuramento e selagem do rejeito e na construção de um sistema de drenagem (DESCHAMPS *et al.*, 2007).

O presente estudo tem como objetivo apresentar a avaliação dos resultados de arsênio total no ribeirão Água Suja (BV062) e investigar os reflexos das intervenções de reabilitação do Morro do Galo na qualidade das águas desse ribeirão.

METODOLOGIA

A estação de monitoramento BV062 está localizada no ribeirão Água Suja (Figura 1), sob as coordenadas 43°49'29,5" (latitude) e 19°58'55,2"(longitude). Suas águas são enquadradas como Classe 2 segundo a Deliberação Normativa do COPAM nº 20 de 1997.

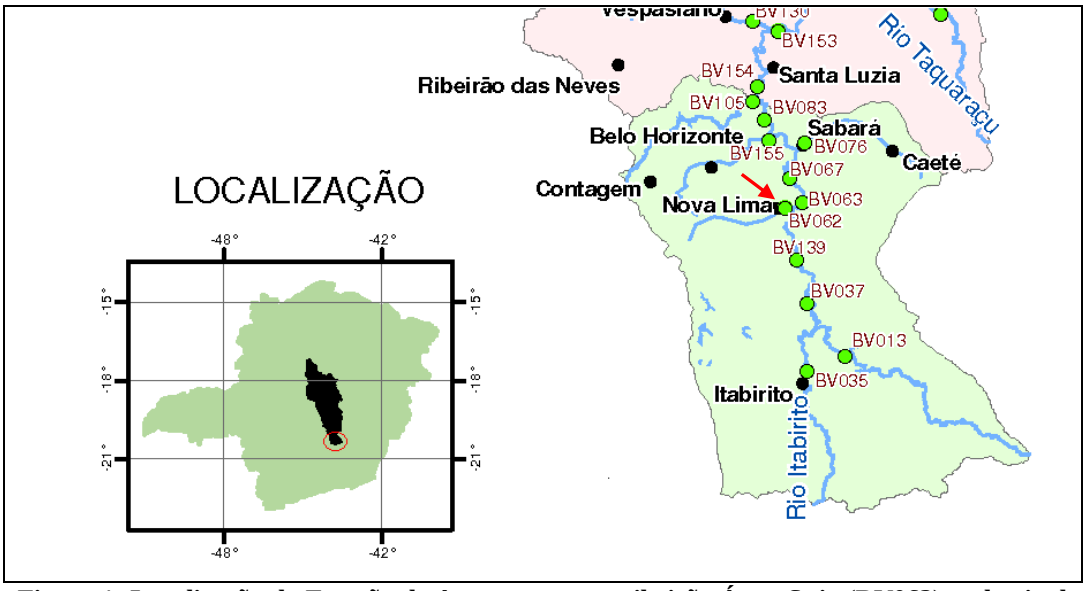

Figura 1: Localização da Estação de Amostragem no ribeirão Água Suja (BV062) na bacia do rio das Velhas, Minas Gerais.

Foi analisada a ocorrência de arsênio total considerando a série histórica de monitoramento de dados durante o período de 1998 a 2011. Até o ano de 2006 as coletas eram realizadas trimestralmente, passando para frequência mensal a partir de 2007. Os resultados obtidos foram comparados com os limites estabelecidos na Deliberação Normativa Conjunta do COPAM/CERH nº 01/08. Para verificar se as diferenças observadas entre os resultados obtidos nos períodos chuvoso e seco e antes (1998 a 2003) e depois (2004 a 2011) das intervenções realizadas em 2003 no Morro do Galo foram estatisticamente significativas, foi utilizado o teste estatístico não paramétrico Mann-Whitney. A Figura 2 mostra o antigo depósito do Galo, às margens do ribeirão Água Suja, antes e depois dos trabalhos de reabilitação.

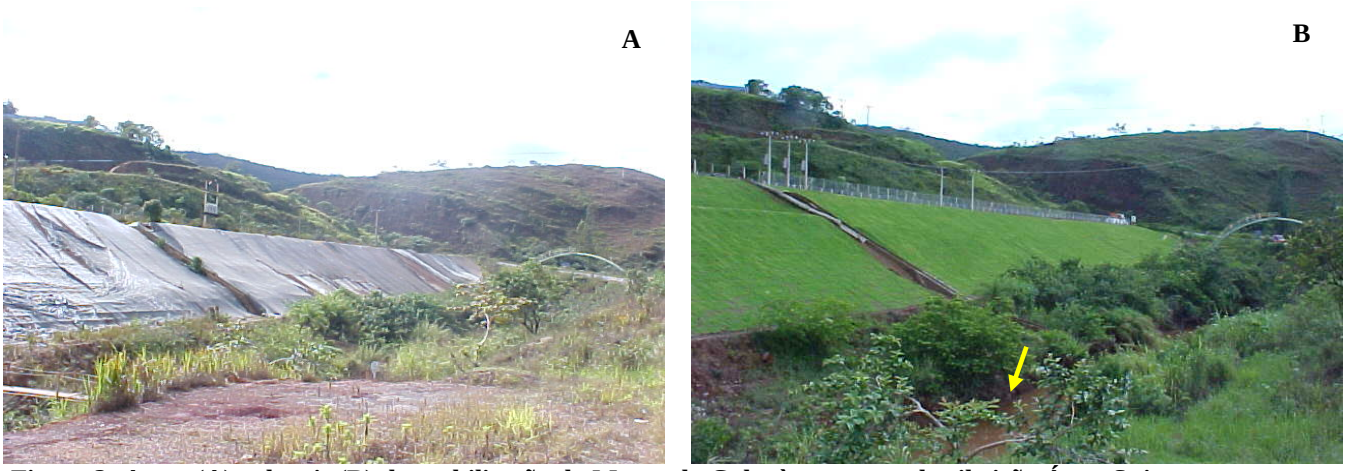

Figura 2: Antes (A) e depois (B) da reabilitação do Morro do Galo, às margens do ribeirão Água Suja - mesmo local da estação de monitoramento BV062 (seta).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva do parâmetro selecionado para o estudo considerando cada período climático e o período antes (1998 a 2003) e depois (2004 a 2011) das obras de reabilitação é apresentada na Tabela 1. Ressalta-se que para o período chuvoso foi considerado os meses de outubro a março e para o período de seca os meses de abril a setembro.

Tabela 1: Sumário numérico para o arsênio total nos períodos chuvoso-seco e antes-depois das obras de reabilitação.

	Arsênio total			
	Chuvoso	**Seco**	**1998 a 2003**	**2004 a 2011**
N	46	48	24	70
Média	0,0622	0,0903	0,1074	0,0659
Mediana	0,0565	0,0836	0,0921	0,0601
Mínimo	0,0003	0,0114	0,0003	0,0017
$P_{0,25}$	0,0390	0,0428	0,0571	0,0390
$P_{0,75}$	0,0909	0,1142	0,1229	0,0930
Máximo	0,2713	0,3579	0,3579	0,2713
Desvio Padrão	0,0460	0,0612	0,0759	0,0428
Coeficiente de Variação (%)	73,95	67,76	70,68	64,86

Os resultados mostraram que o arsênio é um elemento cuja presença vem se destacando ao longo dos anos na estação BV062 já que suas concentrações apresentam-se bastante elevadas desde o início do monitoramento, com 97% dos resultados acima do limite máximo preconizado para rios de Classe 2, que é de 0,01 mg/L. Deschamps *et al.* (2007) indicam que os resultados elevados de arsênio nesse ribeirão podem ser explicados pela presença natural desse elemento na região de Nova Lima, como também pela contribuição proveniente do beneficiamento do ouro contendo o mineral arsenopirita, que leva à disponibilização do As. Borba *et al.* (1999) também afirmam em seus estudos que a região do Quadrilátero Ferrífero, onde está inserida a área estudada, possui uma anomalia natural de arsênio que está relacionada com a gênese de depósitos auríferos mesotermais hospedados no *greenstone belt* Rio das Velhas. Segundo esses autores o intemperismo das rochas com teores anômalos de As promovem a liberação destes para os sedimentos, água superficial e subterrânea.

O resultado do teste de Mann-Whitney utilizado para comparar os resultados obtidos antes (1998 a 2003) e depois (2004 a 2011) das intervenções realizadas em 2003 no Morro do Galo é apresentado na Tabela 2. Esse teste também foi aplicado para se verificar se as diferenças observadas entre os resultados obtidos nos períodos

chuvoso e seco foram estatisticamente significativas, permitindo avaliar a influência da poluição pontual ou não sobre os resultados de arsênio nesse corpo d'água.

Tabela 2: Resultados do Teste de Mann-Whitney a um nível de significância de 5% para os períodos chuvoso-seco e antes-depois das obras de reabilitação.

	Estatística de teste	p-valor
Seco-Chuvoso	-2,647	0,008
Antes-Depois	2,766	0,006

Foi verificada uma diferença significativa entre os resultados obtidos nos dois períodos climáticos e entre os resultados obtidos antes e depois das obras de reabilitação, ao nível de significância de 5%.

A comparação dos valores obtidos apontaram que o valor da mediana obtida no período seco (0,0836 mg/L) foi maior que a observada no período chuvoso (0,0565 mg/L), como mostrado na Figura 3, indicando que as concentrações de arsênio total apresentam um comportamento distinto para os períodos climáticos testados. Esses resultados caracterizam a influência da poluição pontual sobre a qualidade das águas do ribeirão Água Suja, confirmando as observações de Mattos (2004) e Matschullat (2007).

As concentrações mediana, terceiro percentil e máxima mensuradas no ribeirão Água Suja foram menores no período de 2004-2011 (depois das obras), como ilustrado na Figura 3. A redução observada nos resultados obtidos a partir de 2004 pode ser atribuída às obras de reabilitação ambiental da pilha de estéril do antigo depósito do Galo, iniciada em 2003 e finalizada no ano de 2004.

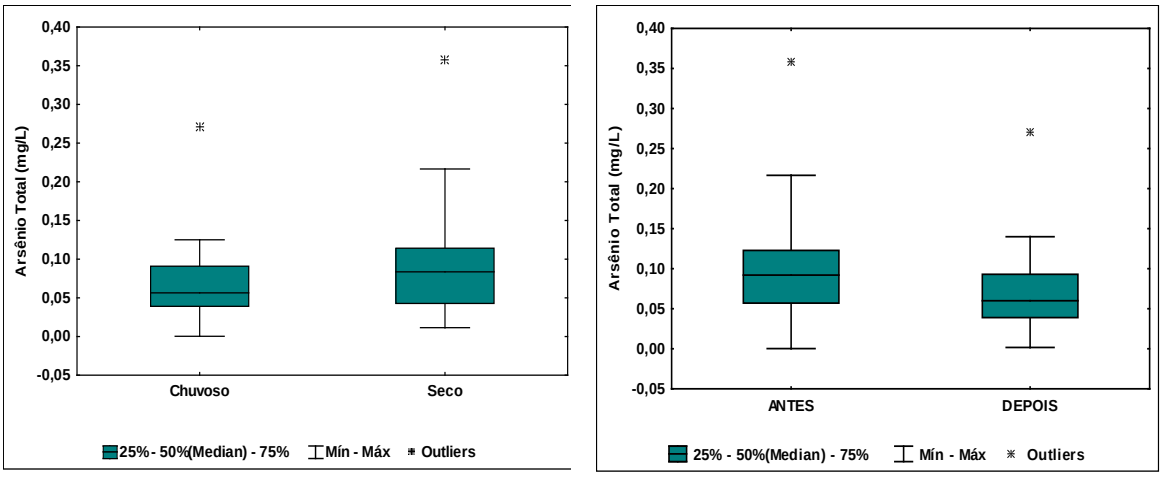

Figura 3: Box-Plot dos valores de arsênio total na estação BV062 nos períodos climáticos e antes (1998-2003) e depois (2004-2011) das obras de reabilitação do Morro do Galo, em Nova Lima.

A Figura 4 ilustra a evolução temporal dos valores de arsênio na estação BV062. Apesar de os resultados se mostrarem elevados ao longo do monitoramento, percebe-se uma tendência de redução das concentrações de arsênio total a partir do ano de 2004. Destaca-se que o maior valor obtido na série histórica de monitoramento (0,35 mg/L As em 2003) pode ter ocorrido em função do revolvimento de terra durante as obras de reabilitação.

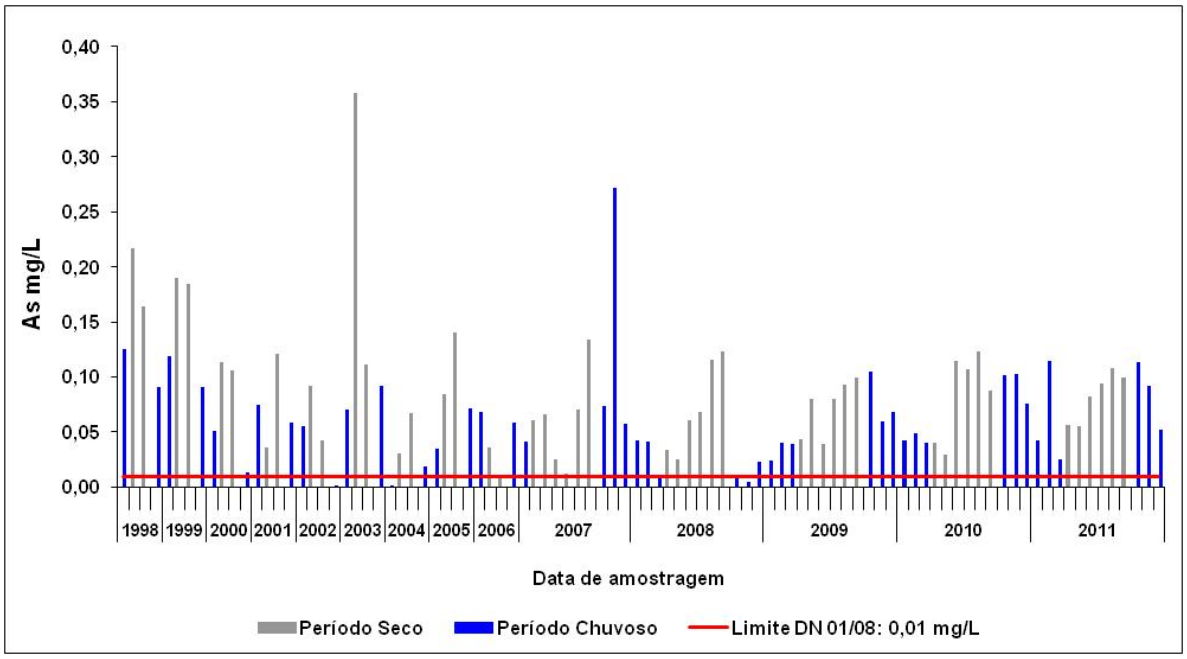

Figura 4: Evolução temporal do arsênio total na estação BV062.

CONCLUSÕES

A avaliação da qualidade das águas do ribeirão Água Suja em Nova Lima mostrou resultados elevados de arsênio ao longo da série histórica de monitoramento, que podem ser atribuídos à presença natural desse elemento na região, como também pela contribuição proveniente das atividades de mineração ao longo de três séculos. Entretanto, percebe-se uma tendência de redução das concentrações de arsênio total a partir do ano de 2004.

O teste estatístico, a um nível de significância de 5%, mostrou que existe uma diferença significativa entre os resultados de arsênio nas águas superficiais do ribeirão Água Suja obtidos para os períodos de 1998 a 2003 e 2004 a 2011. Essa redução pode ser atribuída às obras de reabilitação ambiental da pilha de estéril do antigo depósito do Morro do Galo iniciada em 2003 e finalizada no ano de 2004, como consequência de um termo de ajustamento de conduta assinado entre a promotoria e a atual empresa de mineração de ouro da região, com interveniência da FEAM.

Os resultados do estudo demonstram a importância dos dados de monitoramento para o conhecimento e avaliação das condições da qualidade das águas, para o uso como ferramenta no planejamento da gestão dos recursos hídricos, para a avaliação da eficiência das ações de controle, além da proposição de prioridades de atuação e tomadas de decisão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) por terem disponibilizados os dados e viabilizado essa pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo apoio permanente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BORBA, Ricardo Perobelli; FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro; RAWLINS, Barry; MATSCHULLAT, J. A origem da contaminação por arsênio no Quadrilátero Ferrífero. In: V CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA E VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1999, Porto Seguro. Anais, 1999. p. 48-50.

2. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 1, de. Belo Horizonte, MG. “Minas Gerais”, 05 de Maio de 2008.
3. DESCHAMPS, E. & MATSCHULLAT, J. *Arsênio antropogênico e natural - Um estudo em regiões do Quadrilátero Ferrífero*.1 ed. Belo Horizonte: Gráfica e Editora Sigma Ltda, 2007, 330p.
4. MATTOS, A.R. Contaminação das águas em área de mineração de ouro resultado da lixiviação natural das rochas ou passivo ambiental da mineração de ouro. In: AIDIS. FORJANDO EL AMBIENTE QUE COMPARTIMOS. SAN JUAN, AIDIS, Ago. 2004. p.1-9, Ilus. Apresentado em: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 29, San Juan, 22-27 Ago. 2004.