

# DRENAGEM ÁCIDA DA MINERAÇÃO DE CARVÃO E SUA INTERRELAÇÃO COM METAIS PESADOS E RECARGA DE AQUÍFEROS NA BACIA CARBONÍFERA DO ESTADO DE SANTA CATARINA

José Eduardo do Amaral<sup>1</sup>; Antonio Silvio J. Krebs<sup>2</sup>

## RESUMO

A indústria de transformação e química produz resíduos que muitas vezes contém metais pesados. Esses resíduos quando não dispostos adequadamente podem contaminar o meio aquático, a atmosfera e também o solo. Além da contaminação humana, há também contaminações naturais do meio ambiente por metais pesados. Qualquer ocorrência natural de concentrações minerais poderá vir a contaminar os solos, água e rochas encaixantes. A herança da disposição desordenada, no passado, de rejeitos carbono-piritosos e lançamento de efluentes brutos de beneficiamento e drenagem de mina diretamente nos cursos d'água, na Bacia Carbonífera de Santa Catarina (SC), continua contaminando as águas. Esta água é conhecida como Drenagem Ácida de Mina – DAM. Esses efluentes ácidos e com importantes quantidades de metais pesados solubilizados drenam os arroios e rios tornando esses cursos d'água virtualmente mortos. O ciclo natural dos metais pesados envolve o meio aquático, e seus efeitos negativos são importantes, podendo ser assimilados no fitoplâncton e incorporados na cadeia alimentar. Em Santa Catarina já foram testados os efeitos de diferentes poluentes em peixes. Na cidade de Criciúma-SC em peixes oriundos de uma lagoa formada em antiga cava de mineração, foram avaliadas as concentrações de metais no fígado de ambas as espécies estudadas.

## ABSTRACT

The chemical and transformation industry produce wastes that often carry heavy metals. These wastes if not treated properly may contaminate the environment through water and soil pollution or air pollution. Besides the human contamination environment can be also contaminated naturally by heavy metals. Any natural occurrence of mineral concentrations may contaminate the soil, water and rocks. Unplanned disposal of carbonous-pyritic wastes in the past and dumping of wastes of mine drainage and processing in the water resources of the coal-producing region of Santa Catarina

<sup>1</sup>CPRM – Serviço Geológico do Brasil  
Rua Pascoal Meller,73. Universitário. Criciúma/SC. CEP 88805-380.  
Tel. 48 34317607, fax 48 34317650. e-mail: [amaral@pa.cprm.gov.br](mailto:amaral@pa.cprm.gov.br)

<sup>2</sup>SATC - Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina,  
Rua Pascoal Meller,73. Universitário. Criciúma/SC. CEP 88805-380.  
Tel. 48 34317608, fax 48 34317650. e-mail: [antonio.krebs@satc.edu.br](mailto:antonio.krebs@satc.edu.br)

keep contaminating this watershed. The water resulting from this pollution is called Acid Mine Drainage –AMD. This acid effluent presents significant concentrations of solubilized heavy metals and it is drained along rivers , killing every organism in the affected watershed. The natural cycle of heavy metals involves the water resources and they may be assimilated by the phytoplankton and may be incorporated into the food chain. In the Santa Catarina state the effect of several pollutants on fish has been tested. In a study carried out in Criciúma city-Santa Catarina state the heavy metal concentration was evaluated in fishes living in a lake contaminated by an open-air coalmine, where both species presented concentrations in the liver.

Palavras-chave: metal pesado, drenagem ácida, peixes.

## 1.INTRODUÇÃO

A região de Criciúma e entorno começou a se desenvolver principalmente depois da descoberta do carvão mineral, no final do século IXX, sendo que até os dias de hoje o carvão catarinense é parte fundamental do desenvolvimento da Região Sul do Estado de Santa Catarina. No entanto, ao mesmo tempo em que a descoberta do carvão mineral trouxe desenvolvimento econômico, o impacto sobre o meio ambiente também foi determinante para a degradação dos recursos naturais, principalmente do solo, águas superficiais e subterrâneas.

Visando mitigar esses efeitos negativos, a SATC - Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina, desenvolve inúmeras atividades técnicas relacionadas ao meio ambiente, através do Centro Tecnológico de Carvão Limpo – CTCL, com o efetivo apoio técnico da CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Dentre essas atividades é oportuno citar os estudos voltados para a recuperação ambiental da Bacia Carbonífera de Santa Catarina – Brasil (Figura 1), os quais incluem monitoramentos ambientais de água subterrânea e superficial; estudo e monitoramento da flora e fauna; mapeamento de áreas degradadas pela mineração e suas validações posteriores; levantamento e cadastramento de bocas de minas abandonadas e suas relações com o meio, principalmente nos aspectos de segurança, drenagem ácida e recarga de aquíferos subterrâneos com água contaminada por metais pesados; medições sistemáticas de vazão de águas superficiais e subterrâneas, etc.

Na busca da melhoria da qualidade e atento ao papel da União na mitigação e remediação de áreas degradadas, a CPRM - Serviço Geológico do Brasil mantém convênio de cooperação com a SATC, e criou um núcleo em Criciúma nas instalações físicas do SIECESC (Sindicato da Indústria da Extração do Carvão do Estado de Santa Catarina) - SATC, dotado de equipamentos e pessoal especializado.



Figura 1  
Localização da Bacia Carbonífera de Santa Catarina

As questões relacionadas ao meio ambiente, em especial no que se refere à água e aos recursos hídricos, são com frequência, um dos pontos de conflito mais óbvios na interface mineração-sociedade (Ciminelli e outros, 2006). O presente trabalho também promoverá uma rápida descrição dos aspectos geológicos da região carbonífera do sul de Santa Catarina, suas interrelações com a mineração de carvão mineral e a geração de drenagem ácida de mina (DAM), bem como suas possíveis consequências para as águas subterrâneas e superficiais, ressaltando o efeito dos metais pesados.

## 2.GERAÇÃO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA (DAM)

Os metais pesados são elementos químicos que diferem de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados nem destruídos pelo homem. A atividade industrial diminui significativamente a permanência desses metais nos minérios, bem como a produção de novos compostos, além de alterar a distribuição desses elementos no planeta. A indústria de transformação e química produz resíduos que muitas vezes contêm metais pesados. Esses resíduos quando não dispostos adequadamente podem vir a contaminar o meio ambiente, seja através da poluição hídrica e do solo, seja através da poluição aérea. A presença de metais seja na água, no solo ou nos alimentos pode ser controlada, através da limitação do uso de defensivos agrícolas, proibição de produção de alimentos em solos contaminados com metais pesados e exigência de projetos de manuseio e disposição controlada de resíduos sólidos e líquidos tóxicos. Os metais pesados atingem o homem através da água, do ar e do sedimento, tendendo a se acumular na biota aquática. Alguns metais são acumulados ao longo da cadeia alimentar, de tal forma que os predadores apresentam as maiores concentrações. Muitos metais são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos,

desde as bactérias até mesmo o ser humano, mas eles são requeridos sempre em baixas concentrações, e quando em concentrações altas podem danificar os organismos vivos.

Os metais são classificados em;

- Elementos essenciais: Na, K, Ca, Fe, Zn, Cu, Ni e Mg.
- Micro-contaminantes: As, Pb, Cd, Hg, Al, Ti, Sn e W.
- Elementos essenciais e simultaneamente micro-contaminantes: Cr, Zn, Fe, Co, Mn e Ni.

A DAM existente em volume expressivo na região carbonífera de Santa Catarina, é potencialmente poluidora dos recursos hídricos, sejam superficiais, sejam subterrâneos. Entretanto existem também contaminações naturais do meio ambiente por metais pesados, pois as diversas assembléias de rochas possuem metais em suas constituições, além do que, existem as concentrações anômalas de diversos minerais, que constituem as jazidas. Ao longo do tempo a lixiviação natural físico-química carrega esses metais para o solo e para os mananciais superficiais e subterrâneos. Atualmente há um ramo da geologia, conhecido como geologia médica, que trata exclusivamente de contaminações naturais de solos e água. Uma ocorrência natural importante de sulfetos poderá contaminar os solos, água e rochas encaixantes, ao longo do tempo, à semelhança de rejeitos industriais dispostos sem o devido cuidado.

Na bacia carbonífera, dentre os vários aquíferos subterrâneos, pode-se destacar o aquífero Rio Bonito constituído prioritariamente de arenitos porosos e permeáveis, cuja recarga nas áreas de afloramento dá-se por infiltração direta, a partir das precipitações, através de solos residuais e transportados (Krebs,2004). Esta unidade aquífera é bastante explorada com finalidades industriais nas zonas urbanas. No entanto sua própria rocha reservatório possui naturalmente sulfetos disseminados na matriz e em nódulos, causando uma baixa qualidade geral da água. Em locais amplamente minerados para carvão em subsolo, a céu aberto e com a ocorrência de grandes pilhas de rejeitos carbono-piritosos, o aquífero Rio Bonito está bastante comprometido por estar sendo recarregado com águas ácidas ricas em metais solubilizados.

No passado a exploração de carvão mineral na Bacia Carbonífera de Santa Catarina era feita sem maiores cuidados com o meio ambiente, com disposição desordenada de pilhas de estéreis sem proteção e barragens de rejeitos, as quais contém principalmente ferro e manganês, constituindo-se em importantes fontes de metais pesados solubilizados. Além disso havia o lançamento indiscriminado de efluentes brutos de beneficiamento e drenagem de mina diretamente nos cursos d'água. A água com grande carga de acidez e pH muito baixo, exhibe desta forma a ocorrência de metais pesados solubilizados, constituindo a Drenagem Ácida de Mina – DAM.

Na região carbonífera catarinense existem muitas centenas de bocas abandonadas de minas

(Figura 2), das quais muitas continuam a gerar DAM (Amaral,2008). Esses efluentes ácidos e com importantes quantidades de metais pesados solubilizados, são drenados aos arroios e rios, destruindo a vida aquática, e tornando esses cursos d'água mortos. No caso de cursos d'água alimentadores de aquíferos subterrâneos, teremos aquíferos impróprios para uso humano.



Figura 2  
Galeria de mina de carvão abandonada com geração de DAM

Um importante manancial subterrâneo utilizado na região carbonífera é o Sistema de Leques Aluviais (Krebs,2004). É um aquífero que possui alta vulnerabilidade à poluição por ser subsuperficial, muito poroso e permeável, composto por areias, siltes e cascalhos (Figura 3).



Figura 3  
Detalhe da matriz dos leques aluviais

A DAM realimenta facilmente este aquífero freático, amplamente utilizado pela população da região. Não obstante a atividade mineradora ser potencialmente poluidora, há também atualmente a expressiva adução, pelos agricultores, de águas ácidas de rios para o interior das canchas de arroz. Esta adução de DAM com metais solubilizados para os arrozais irá também realimentar o freático, e os metais pesados então virão a constituir contaminantes químicos nessas águas, pois mesmo em pequenas concentrações trazem efeitos adversos à saúde. Desta forma, podem inviabilizar não apenas o uso localizado desta água subterrânea na zona rural, como também os sistemas públicos, uma vez que as estações de tratamento convencionais não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários são muito onerosos.

Também as cinzas oriundas da queima do carvão mineral em termelétricas ou outras atividades industriais, possuem um volume importante de metais pesados, que não deve ser negligenciada, sob o risco de contaminação dos aquíferos. Desta forma este resíduo deverá ser convenientemente disposto e protegido, de maneira a evitar-se um ponto de contínuo aporte de poluentes para os recursos hídricos. No entanto essas cinzas alcalinas podem ser usadas com segurança na indústria cimenteira, como agregado de pisos asfálticos e de concreto em rodovias, bem como no auxílio da remediação de áreas degradadas, além de selagem de depósitos de rejeitos carbono-piritosos. Não obstante estas cinzas possuam diversos elementos essenciais às plantas, não deve ser utilizada como corretivo do solo ou como agregado de adubos, justamente por possuírem altas doses de metais pesados.

### **3.EFEITOS DOS METAIS PESADOS**

Os metais pesados são contaminantes que fazem parte dos sedimentos dos corpos de água, produzindo um aumento progressivo de suas concentrações no tempo e posterior bioacumulação no organismo dos seres vivos. Os metais pesados não são biodegradáveis e seu ciclo natural envolve as águas dos recursos hídricos. Seus efeitos negativos são importantes, pois podem ser assimilados no fitoplâncton e incorporados na cadeia alimentar, levando a graves alterações ecológicas e biológicas.

A solubilidade dos metais pesados nos corpos hídricos é função do pH ocorrente. Na região carbonífera de Santa Catarina existem numerosas DAM com pH verificado entre 1,5 até 3,0 o que por si só explica a grande quantidade de metais dissolvidos nestas águas.

Em trabalho efetuado para o SIECESC – Sindicato da indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina, visando o monitoramento de águas superficiais contaminadas e análises químicas na bacia hidrográfica do Araranguá, a Golder Associates (2006), detectou os seguintes

contaminantes com teores acima dos permitidos pela *CONAMA 357/05 – Classe II*: alumínio, cobre, ferro, manganês, níquel e sulfato. No entanto fertilizantes fosfatados utilizados na rizicultura possuem cobre, níquel, cobalto, zinco e arsênio; os fertilizantes potássicos possuem manganês, cobre e cromo e os nitrogenados possuem cobre, cromo, níquel, chumbo, zinco e arsênico.

Em um trabalho realizado em Criciúma por Silvano e Raya-Rodriguez (2003) utilizando os peixes acará (*Geophagus brasiliensis*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*) em uma lagoa formada em cava de mineração, foram detectadas concentrações anômalas de metais no músculo e no fígado destes animais, sendo que ambas as espécies mostraram maiores concentrações de metais no fígado.

#### **4.CONCLUSÕES**

A região carbonífera de Santa Catarina, onde Criciúma desponta como cidade-polo, possui um grande desafio, dentre outros, que é a recuperação de seus recursos hídricos. Somente um grande esforço organizado envolvendo a comunidade científica, sociedade civil organizada, empresas da região e poder público conseguirá recuperar os recursos hídricos, os quais sofrem enormes impactos não somente da indústria mineradora, mas também das demais indústrias, da agricultura e do esgoto doméstico. Não é aceitável que um rio do porte do rio Mãe Luzia, que na cidade de Forquilha, distante 15 km de Criciúma, possuindo uma vazão média de 120m<sup>3</sup>/s, esteja totalmente degradado, possuindo pH em torno de 3,5 e mesmo nestas condições esteja sendo utilizado na irrigação de canchas de arroz. Não apenas os arrozais são objeto de contaminação, mas e principalmente as comunidades arroseiras que utilizam água do freático para uso humano, o qual é recarregado artificialmente por esta prática. Para equacionar e atacar a poluição dos recursos hídricos é preciso entender de forma clara os condicionantes geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, além das muitas pressões ambientais que os rios sofrem.

Atualmente a CPRM - Serviço Geológico do Brasil em convênio com a SATC, através do CTCL, executa trabalhos voltados para a recuperação ambiental da Bacia Carbonífera de Santa Catarina, onde estão incluídos monitoramentos ambientais de água superficial e subterrânea; estudo e monitoramento da flora e fauna; mapeamento de áreas degradadas pela mineração e suas validações posteriores; levantamento e cadastramento de bocas de minas abandonadas e suas relações com o meio; medições sistemáticas de vazão de águas superficiais e subterrâneas.

#### **5.REFERÊNCIAS**

Amaral, J.E., Krebs, A.S.J., Pazzetto, M.B. Mapeamento de Bocas de Minas Abandonadas na Região Carbonífera de Santa Catarina. Anais do 44º Congresso Brasileiro de Geologia, v.1, pag. 341. Curitiba, Brasil, 2008.

Ciminelli, V.S., Salum, M.J., Rubio, J., Peres, A.E.C. Água e Mineração. In: Rebouças, A.C., Braga, B., Tundisi, J.G.. Águas doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3ª edição, São Paulo – Escrituras Editora, 748 p., 2006.

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. Assessoria técnica para diagnóstico sobre drenagem ácida e solubilização de metais em áreas de mineração de carvão. 50p. Relatório. Belo Horizonte, Brasil, 2006.

Krebs, A. S. J. Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da porção correspondente à bacia do rio Araranguá, SC. 2004. 376 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Silvano, J., Raya-Rodrigues, M.T.. Evaluation of metals in water, sediment and fish of Azul lake, an open-air originally coal mine (Siderópolis, Santa Catarina state, Brazil). *Acta Limnol. Bras.*, 15:3, p. 71-80, 2003.