

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS -
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE

Jurandir Martins Corrêa

BIOINDICADORES EM ÁREAS DE MINERAÇÃO

São João Evangelista

2021

BIOINDICADORES EM ÁREAS DE MINERAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para aprovação na Pós-Graduação em Meio Ambiente, no Instituto Federal de Minas Gerais, IFMG/SJE.

Orientador: Prof. Me. Flávio Rocha Puff

FICHA CATALOGRÁFICA

C824b Corrêa, Jurandir Martins.
 Bioindicadores em áreas de Mineração
 / Jurandir Martins Corrêa.– 2021.
 25f.: il.

 Orientador: Me. Flávio Rocha Puff.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-
 graduação) – Instituto Federal Minas Gerais.
 Campus São João Evangelista, 2021.

 1. Sustentabilidade. 2. Mecanismo de controle. I.
 Corrêa, Jurandir Martins. II. Instituto Federal de Minas
 Gerais *Campus* São João Evangelista. III. Título.

CDD 622

Catálogo: Rejane Valéria Santos - CRB-6/2907

Jurandir Martins Corrêa

BIOINDICADORES EM ÁREAS DE MINERAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para aprovação na Pós-Graduação em Meio Ambiente, no Instituto Federal de Minas Gerais, IFMG/SJE.

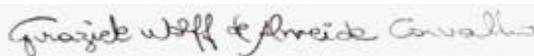
Aprovado em: 28 / 04 / 2021 pela banca examinadora:



Prof. Me. Flávio Rocha Puff - IFMG (Orientador)



Prof. Dr. Giuslan Carvalho Pereira



Prof. Dra. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho

RESUMO

O presente trabalho consistiu em realizar uma abordagem bibliográfica sobre os mecanismos naturais de controle ambiental, “bioindicadores” em áreas de mineração, aliadas a outras práticas, de forma que possibilitasse monitorar a qualidade do sistema em questão. Estabelecendo, assim, parâmetros de controles que permitam justificar, perante os órgãos públicos e a sociedade civil, o compromisso com o meio ambiente e o caráter sustentável da empresa junto ao empreendimento. Há, portanto, a possibilidade de utilizar esses bioindicadores para monitoramento e controle, mas também para garantir um selo de responsabilidade ambiental. As substâncias químicas introduzidas no ambiente podem penetrar nos diversos ecossistemas em toda biosfera. A contaminação química pode afetar os ecossistemas, causando mudanças nas funções de organismos particulares. Os efeitos adversos, causados por contaminações no ambiente podem ser observados nos bioindicadores através das mudanças em seu comportamento e no seu processo metabólico. Nos últimos anos, as investigações concentraram-se na busca de bioindicadores (plantas e organismos animais) que acumulam substâncias tóxicas. O objetivo do presente estudo foi discutir seleções métodos de avaliação da qualidade ambiental com base em organismos vivos usados como bioindicadores, com enfoque nos ecossistemas aquáticos.

Palavras-Chave: Sustentabilidade. Mecanismos de controle.

ABSTRACT

The present work consists of a bibliographical approach about the natural mechanisms of environmental control, "bioindicators" in mining areas, allied to other practices, in order to monitor the quality of the system in question. Thus, establish control parameters that allow to justify to the public agencies and civil society the commitment to the environment and the sustainable character of the company with the enterprise. It is therefore possible to use these bioindicators for monitoring and control, but also to ensure a seal of environmental responsibility. Chemical contamination can affect ecosystems, causing changes in the functions of particular organisms. The adverse effects caused by contamination in the environment can be observed in bioindicators through changes in their behavior and in their metabolic process. In recent years, research has focused on the search for bioindicators (plants and animal organisms) that accumulate toxic substances. The aim of the present study was to discuss selection methods for assessing environmental quality based on living organisms used as bioindicators, paying special attention to aquatic ecosystems.

Keywords: Sustainability. Control mechanisms.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Bioindicadores Edáficos	18
Figura 2 – Bioindicadores Edáficos	18
Figura 3 – Megaloptera	20
Figura 4 – Plecoptera	20
Figura 5 – Trichoptera	20
Figura 6 – Ephemeroptera.....	21
Figura 7 – Odonata	21
Figura 8 – Lepidoptera	21
Figura 9 – Oligochaeta	22
Figura 10 – Mollusca	22
Figura 11 – Hemiptera.....	22
Figura 12 – Odonata Subordem Anisoptera	23
Figura 13 – Coleoptera.....	23
Figura 14 – Diptera (Família Tipulidae)	23
Figura 15 – Diptera (Chironomidae)	24
Figura 16 – Hirudinea	24
Figura 17 – Diptera (Simuliidae)	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 A IMPORTÂNCIA DOS BIOINDICADORES.....	15
2.1 Bioindicadores.....	15
2.1.1 Bioindicadores edáficos	16
2.1.2 Bioindicadores aquáticos	19
3 GERENCIAMENTO DE RECURSOS E AVALIAÇÃO AMBIENTAL.....	25
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, vêm-se desenvolvendo continuamente estudos tecnológicos de jazidas e dos processos de beneficiamento mineral, buscando melhorias nos processos produtivos; desta forma, permitindo a aplicação de procedimentos que viabilizem a utilização de minérios com baixos teores de ferro.

Devido à demanda de mercado, este tipo de processo, que utiliza minérios tidos como rejeito (utilizando produtos orgânicos e inorgânicos), torna-se uma realidade, tendo que se levar em conta sempre os aspectos de sustentabilidade no processo dentro da esfera social (RIBEIRO; MARTINS, 2014).

A partir da década de 70, do século passado, a proteção ambiental passou a ter maior importância na tomada de decisões de sequenciamento de lavra, o que provocou sérias transformações na indústria mineral. Essa evolução gerou uma mudança de visão em relação ao papel da mineração na sociedade: a atividade mineral passou a ser entendida como uma forma de uso temporário do solo, e não de uso final, como era no passado (OLIVEIRA, 2001). O Monitoramento ambiental neste tipo de processo, requer a utilização de todos os mecanismos possíveis, os GTFs (Grupo trófico funcional), podem ser inclusos dentro destes como bioindicadores ambientais.

Os bioindicadores são organismos vivos que possuem a capacidade de identificar perturbações em uma determinada área onde ocorrem ações humanas. O cenário atual apresenta políticas ambientais estritamente rígidas possibilitando agregar valor ao produto final quando a empresa cumpre os preceitos estabelecidos pelo código ambiental que rege determinado empreendimento.

O potencial energético do país exige, cada vez mais, a ampliação de mecanismos de controle e proatividade para as ações que possam vir a impactar o meio ambiente em razão de ações antrópicas. Os bioindicadores de qualidade ambiental apresentam um baixo custo operacional e, ao mesmo tempo, um alto grau de respostas para perturbações nas quais se encontra um determinado empreendimento.

A necessidade de buscar soluções cada vez mais eficientes para o controle de qualidade, utilizando organismos vivos, tais como os bioindicadores, poderá apresentar um grande aliado neste processo.

O processo de mineração constitui-se um dos pilares fundamentais da economia mundial tendo em vista a importância dos produtos advindos dessa manufatura para a manutenção da estabilidade do mercado que se encontra nos dias atuais. A abordagem de monitoramento ambiental, com mecanismos de controle, através de estudos dessas práticas, aliadas as já consolidadas, seria uma forma de garantir a solidez dessas empresas neste seguimento, com o compromisso de sustentabilidade mundial. Muitos macroinvertebrados bentônicos são detritívoros, alimentando-se de matéria orgânica produzida na coluna d'água. Estes organismos são importantes componentes na dieta de peixes, representando importante ligação entre a produção pelágica e os níveis tróficos superiores no ambiente aquático.

Em programas de biomonitoramento, é usual avaliar as necessidades ambientais de todas as espécies de um determinado conjunto de organismos. Um exemplo é a classificação dos grupos tróficos funcionais (GTFs) de espécies e ciclos de vida. Os GTF representam espécies com estratégias reprodutivas similares, hábitos alimentares e/ou preferência de habitats específicos (CALLISTO et al., 2001).

A relevância deste trabalho visa auxiliar, com um conjunto de ações que permitam observar a emissão de substâncias nocivas que tenham efeitos negativos sobre o meio ambiente, a saúde humana e uma produção mineral eficiente. Quando as consequências ao meio ambiente se tornam visíveis, muitas vezes é tarde demais para evitar as consequências.

2 A IMPORTÂNCIA DOS BIOINDICADORES

O presente estudo bibliográfico tem como premissa a contribuição para avaliar a possibilidade de aliar conhecimentos sobre o comportamento de organismos vivos, como bioindicadores, para a monitoração de sistemas estáveis ou instáveis dentro de ambientes que foram acometidos por alguma ação perturbadora de caráter antropocêntrico ou não. As avaliações permitem que haja coletas de informações com maior cunho corroborativo para a classificação de empreendimentos que tenham em seu código de conduta, a sustentabilidade como uma de suas maiores bandeiras, junto ao desenvolvimento social e econômico.

Portanto, a visão holística do meio ambiente deve englobar o homem como seu maior beneficiário e, ao mesmo tempo, o seu maior mantenedor. Práticas sustentáveis devem estar sempre em voga, como uma constante de um problema a ser evitado. Os bioindicadores podem exercer esse papel, desde que tenham um conhecimento adequado do projeto ambiental e os meios eficazes de monitoração.

Uma revisão literária bem aprofundada, através de uma coleta de dados consistente, poderá estabelecer um parâmetro ideal para a efetivação da ideia e a aplicação desta no seu sentido prático dentro do setor minerário por apresentar uma gama enorme e variada de diversos processos e ambientes de exploração.

Devido à grande riqueza desses organismos, os bioindicadores podem auxiliar no monitoramento de variáveis físicas e químicas, trazendo algumas vantagens na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, tais como: identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada e determinação destas concentrações alteradas. Entretanto este sistema apresenta algumas desvantagens, tais como a descontinuidade temporal e espacial das amostragens. A amostragem de variáveis físicas e químicas fornece somente uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica (Whitfield, 2001).

2.1 Bioindicadores

Macroinvertebrados bentônicos são organismos que habitam o fundo de ecossistemas aquáticos durante pelo menos parte de seu ciclo de vida, associado

aos mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos (folhiço, macrófitas aquáticas), quanto inorgânicos (cascalho, areia, rochas, etc.) (ROSENBERG & RESH, 1993).

A conotação bioindicador é uma denominação genérica usada para diversos seres vivos que apresentam essas características, podendo ser encontrados em diversos ambientes ao redor do mundo, e nos mais diversos tipos de habitats (CONTI, 2008).

Entre os organismos mais populares e que recebem a denominação de bioindicador, podemos citar os líquens que crescem em troncos de árvores, e cuja presença está relacionada à boa qualidade do ar (CONTI & CECCHETTI, 2001); microrganismos como bactérias e fungos que dão indícios de boa qualidade em solos e ajudam na melhoria de colheitas (MENDES et al., 2009); os bioindicadores de qualidade de água, como as plantas aquáticas (macrófitas aquáticas) que crescem de forma desordenada em ambientes aquáticos que recebem muitos poluentes, principalmente os provenientes de esgotos domésticos e industriais (PEDRALLI, 2003).

Como a própria epistemologia da palavra determina, os bioindicadores são indicadores biológicos da qualidade de um ambiente e de mudanças sofridas por ele ao longo do tempo, sejam elas antropogênicas ou naturais. Sua principal aplicação, no entanto, é medir os impactos das atividades humanas nos ecossistemas

Diversos grupos taxonômicos podem servir como bioindicadores, entretanto, nem todos os processos biológicos, espécies ou comunidades são bons parâmetros da qualidade do ambiente. Em geral, espécies (ou assembleias de espécies) utilizadas como bioindicadoras são aquelas com tolerâncias ambientais moderadas, já que espécies muito sensíveis ou com tolerâncias muito amplas não são boas para refletir a resposta das outras espécies presentes no ambiente. Entretanto, isso não é uma regra: comunidades inteiras compostas de espécies com as mais variadas tolerâncias ambientais também podem ser usadas como indicadoras da qualidade ambiental.

2.1.1 Bioindicadores edáficos

O solo é a camada que recobre a crosta terrestre superficialmente, sendo formado por processos químicos, físicos e biológicos, a exemplo da deterioração de matérias orgânicas, da decomposição de rochas e da influência do ar, da água, assim como das substâncias químicas (CARVALHO e OLIVEIRA, 2010).

O uso indevido do solo, especialmente pela adoção de sistemas convencionais impactantes, promove a deterioração de seus atributos físicos, químicos e biológicos, a exemplo da redução de fertilidade, diminuição da diversidade de organismos no solo, bem como a oxidação acelerada da matéria orgânica.

As funções do solo são relações complexas de atributos físicos, químicos e biológicos, que são sugeridos para o uso como indicadores de qualidade do solo, e, juntos, asseguram condições para o desenvolvimento das plantas, a regulação do curso da água e o tamponamento ambiental. Os organismos edáficos (animais e plantas que interagem com o solo), por sua sensibilidade a alterações no meio, têm sido utilizados como indicadores de modificações nos níveis de qualidade do solo, as quais podem ser promovidas por degradação ou agradação

De acordo com estudos da Universidade Federal de Minas Gerais, os bioindicadores mais utilizados em biomonitoramento são aqueles capazes de distinguir entre oscilações naturais e perturbações antrópicas. Dentre os bioindicadores aquáticos, os que mais se apresentam promissores para atividades de monitoramento e controle são os macroinvertebrados bentônicos. Diversos autores e estudiosos escreveram sobre as características que os macroinvertebrados possuem para se destacarem como indicadores biológicos, dentre eles Callisto:

As vantagens são que estes organismos possuem uma diversidade taxonômica elevada, identificação é simples e são organismos sensíveis a diferentes concentrações de poluentes no meio fornecendo respostas abrangentes em diversos níveis de contaminação ambiental. (CALLISTO, 2001 p. 77).

Ainda, Rosenberg e Resh:

Os macroinvertebrados diferenciam-se por apresentarem fácil amostragem, metodologia padronizada e baixo custo. “O monitoramento biológico é apresentado por alguns autores como a técnica que vem substituindo e complementando os parâmetros físicos e químicos que são utilizados para

aferir a qualidade dos solos e dos corpos de água. (ROSENBERG e RESH, 1993, p.114).

Esse processo engloba um apanhado de dados e informações sistêmicas e variáveis que aliado a outros sistemas de monitoramento tem como objetivo avaliar quantitativamente e qualitativamente as condições de um ecossistema em determinado tempo no espaço e os seus possíveis efeitos futuros, levando sempre em conta o inventário faunístico da área pretendida.

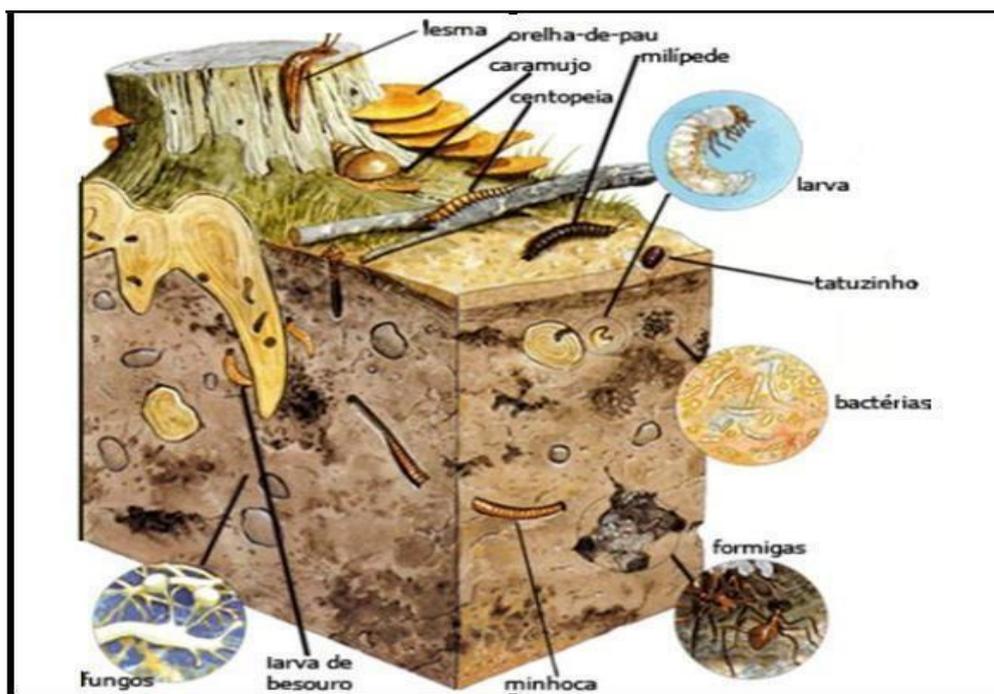
Bioindicadores Edáficos são organismos que vivem no solo e apresentam grande sensibilidade a alterações no meio, que podem ser utilizados como agentes para bioacumulações de parâmetros químicos que indicam modificações nos níveis de qualidade do solo, as quais podem ser promovidas por degradação.

Figura 1 – Bioindicadores Edáficos



Fonte: ICM Bio

Figura 2 – Bioindicadores Edáficos



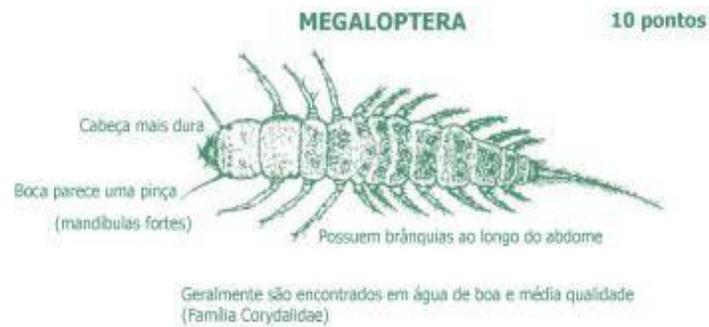
Fonte: ICM Bio

2.1.2 Bioindicadores aquáticos

São organismos que vivem em ambientes aquáticos em condições específicas, tais, como os macroinvertebrados bentônicos, que apresentam uma gama diversa de espécies de alta eficiência para a avaliação e monitoramento de impactos de atividades antrópicas em ecossistemas aquáticos continentais (CALLISTO, 2000; GOULART & CALLISTO, 2003).

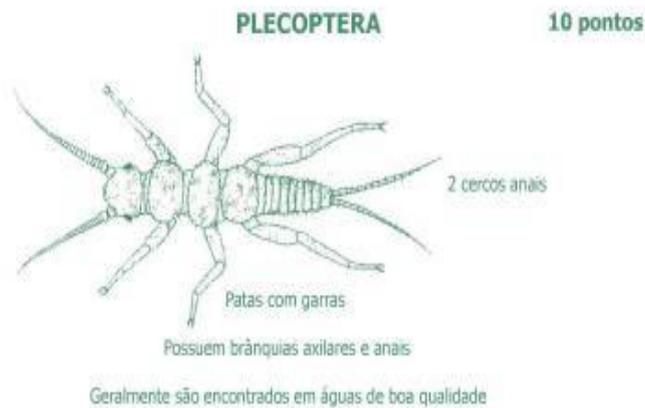
São relativamente sésseis e muitos organismos bentônicos (benthos, do grego, fundo) alimentam-se de matéria orgânica produzida na coluna d'água ou daquela proveniente da vegetação marginal que cai no leito dos rios. São importantes componentes da dieta de peixes, anfíbios e aves aquáticas e por isso transferem a energia obtida da matéria orgânica morta retida no sedimento para os animais que deles se alimentam. O conjunto de organismos chamados "macroinvertebrados bentônicos" vive no fundo de corpos d'água continentais (rios e lagos), abaixo temos exemplos desta espécie:

Figura 3 – Megaloptera



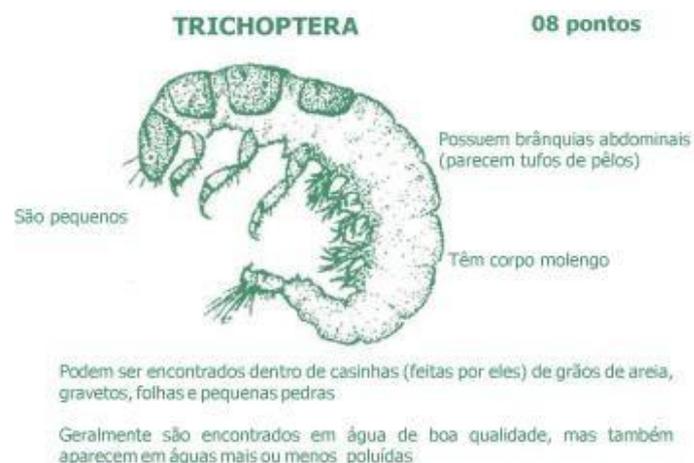
Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 4– Plecoptera

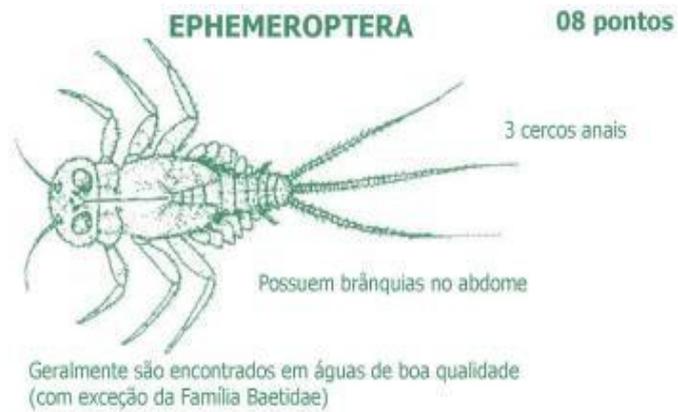


Fonte: Embrapa Meio Ambiente

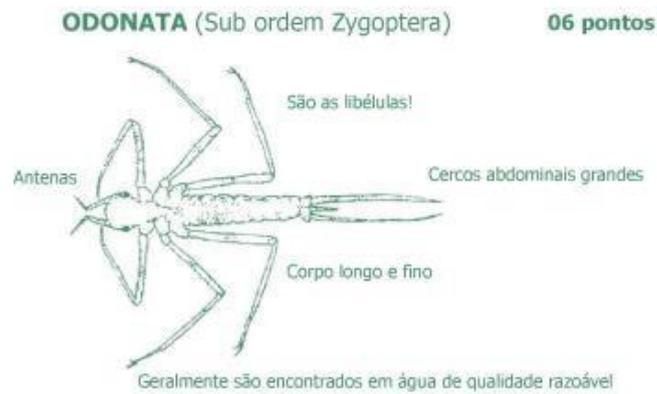
Figura 5 - Trichoptera



Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 6–Ephemeroptera

Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 7– Odonata

Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 8– Lepidoptera

Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 9– Oligochaeta



Geralmente são encontrados em água de qualidade muito ruim

Fonte: Embrapa Meio Ambiente

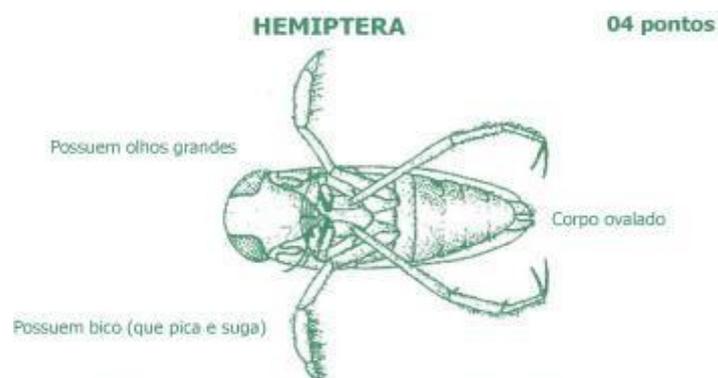
Figura 10–Mollusca



Geralmente são encontrados em água de qualidade muito ruim

Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 11–Hemiptera



Geralmente são encontrados em água de qualidade média a ruim

Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 12 – Odonata (Subordem Anisoptera)



Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 13 – Coleoptera



Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 14 – Diptera (Família Tipulidae)



Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 15 – Diptera (Chiromidae)



Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 16–Hirudinea



Fonte: Embrapa Meio Ambiente

Figura 17 – Diptera (Simulidae)



Fonte: Embrapa Meio Ambiente

3 GERENCIAMENTO DE RECURSOS E AVALIAÇÃO AMBIENTAL

O gerenciamento de recursos consiste num processo de planejamento integrado que leva em consideração tanto a necessidade de longo prazo quanto horizontes mais curtos incorporando considerações ambientais, econômicas e sociais dentro de um princípio de sustentabilidade. O gerenciamento deve incluir, igualmente, a necessidade de todos os usuários, assim como os imperativos de prevenção e mitigação das catástrofes associadas às águas, constituindo-se, finalmente, parte indissociável do processo de planejamento do desenvolvimento (DUBLIN,1992).

A extração mineral tem especificidades intrínsecas em relação ao uso da água e do solo, bem como a emissão de particulados (poeira e fuligem), que se destaca das outras atividades industriais, merecendo uma análise mais aprofundada e utilização de mecanismos de controle de qualidade com uma maior abrangência e eficiência.

O monitoramento de todo o processo é de fundamental importância para analisar quais são os possíveis contaminantes existentes no sistema e, assim, definir as técnicas a serem aplicadas, daí a importância dos bioindicadores como parte integrante do processo. As análises de solos e efluentes possuem custos elevados.

Os métodos clássicos são pouco utilizados em decorrência dos limites de detecção por serem da ordem de ppm (parte por milhão) e ppb (parte por bilhão). As análises físico-químicas de turbidez e de concentração e oxigênio dissolvido precisam ser realizadas ao mesmo tempo, constituintes de cada processo de beneficiamento. Pode ser necessário o desenvolvimento de técnicas de caráterholístico que permitam avaliar mais de um fator químico, físico e biológico ou todo conjunto, sendo assim uma ampla avaliação de riscos no processo.

A avaliação não pode ser considerada como um fim em si, mas como uma etapa de um processo muito mais amplo, que se inicia com a percepção de que certo agente seja o causador da perturbação antropocêntrica ou não. Há em relação à ocupação do solo, para as diversas áreas da exploração mineral, uma preocupação crescente na identificação de agentes biológicos capazes de auxiliar na monitorização de qualquer perturbação de ordem química ou física que possa

ocorrer no site e, conseqüentemente, afetar outras áreas onde ocorra dissipação de carga da substância contaminante.

As pesquisas com minhocas (*lumbricusterrestris*), bioindicadores edáficos de contaminação, podem ser uma promissora área de estudos para acompanhar e avaliar casos de contaminação, através de uma abordagem interdisciplinar com um caráter holístico.

Eijsackers(1998)afirma que, para observação dos níveis de toxicidade em solos, o risco ecológico requer observações ampliadas e incorporação de bioindicadores em estudos de ecotoxicidade; podem, assim, resultar em respostas promissoras para a previsão e remediação de contaminação em níveis tróficos mais elevados.

Para isso, vários cuidados devem ser tomados com planejamento dos estudos e com a interpretação dos dados obtidos pelos resultados, de tal forma que se saiba se o efeito foi,de fato, do poluente ou apenas do intervalo de tempo, da concentração usada, do modo de aplicação, da característica do ambiente ou do substrato utilizado. Devido ao que foi exposto acima, deve-se ter pleno controle dos parâmetros para que não paremdúvidas que o efeito foi causado por um determinado poluente.

Observa-se que o efeito produzido pelo agente contaminante, será de curto, médio ou longo prazo, porque as conseqüências terão biomagnificação ao longo das teias alimentares. Todo o planejamento requer calibração constante e verificação de todos os dados apresentados nos sistemas e há de se considerar ainda se as respostas a essas variáveis serão ambientais ou sazonais podendo, assim,ser um escopo para as soluções a serem tomadas.

Os organismos utilizados como bioindicadores betônicos ou edáficos devem ser caracterizados por sua ação acumuladora para poluentes, de modo que auxiliem no que tange ao bom gerenciamento dos recursos disponíveis como estruturas de controle desses ambientes.

Aumentar os mecanismos de controles já existentes no setor minerário envolve estudos mais aprofundados deste organismo para que possam ser incorporados ao sistema de modo eficiente, permitindo a eliminação de variáveis que não tenham parâmetros seguros de observação, tendo em vista a grande variabilidade e riqueza desses organismos existentes na biosfera. Planejamento e

controle são essenciais para a manutenção do equilíbrio sustentável e os bioindicadores são grandes aliados para manter o tripé do conceito de sustentabilidade que deve ser adotado em todos os setores da indústria da mineração.

A importância dos organismos bioindicadores, a partir da abordagem da sustentabilidade, para resolver ou pelo menos remediar os efeitos negativos no ambiente causados pela intervenção humana, é necessária a aplicação de várias ações. Porém, antes de agir, é necessário conhecer os fatores de pressão antropogênica e a situação ambiental geral em um determinado território e tempo; o que permite avaliar a magnitude das mudanças ocorridas, detectar sua dinâmica evolutiva e propor as medidas apropriadas de resposta nesse sentido (UNDP, 2005).

É importante pontuar que autores como Bertrand-Krajewski et al. (2000) alertam para o uso indiscriminado dos indicadores, que podem surgir porque, por um lado, existe o risco de tomar decisões com base em informações muito limitadas ou não representativas e, por outro, existe a possibilidade de não avaliar critérios ambientais adequados.

Ainda que não exista procedimento formalizado para a conformação de indicadores ambientais e cada país tenha seguido caminhos diferentes, uma síntese dessas experiências pode ser apresentada de forma metodológica. É preciso definir objetivos e metas do sistema de indicadores, analisando o sistema analiticamente e selecionando os tópicos, revendo as experiências internacionais e nacionais a esse respeito, de modo a desenvolver a proposta de indicadores e, finalmente, analisando e avaliando a proposta publicamente refinando e provando com dados sólidos a perturbação ou as perturbações no caso em questão.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O incentivo para estudos e pesquisas nessa área, os aspectos socioambientais podem melhorar a visibilidade da empresa junto à sociedade e gerar maior credibilidade sustentável ao utilizar os bioindicadores, com as práticas de controle ambiental já consolidadas na indústria mineral. Os bioindicadores podem auxiliar nos estudos e aplicações em impactos ambientais, causados por poluentes

de ações antrópicas em áreas de exploração mineral. Estes podem ser utilizados como parâmetros de identificação específica para determinação dos tipos de ocorrência, observando as mudanças e os efeitos causados por agentes contaminantes.

O presente estudo, permitiu abrir o questionamento pra a possibilidade de se utilizar os bioindicadores, que se enquadrarem em cada tipo de exploração mineral, de acordo com suas características profundas ou suas nuances, e desse modo, correlacionar as atividade aos bioindicador específicos que se adequem ao empreendimento, de modo a monitorar o processo (qualidade de água, solo e ar) com maior eficiência dentro de um ambiente de macrofauna, no qual se tenha um inventário faunístico bem descritivo da área onde se estabeleceu o empreendimento mineral sendo possível estabelecer ações de controle do sistema e avaliar os possíveis agentes que possam impactar o meio ambiente. Os estudos de bioindicadores para a área de mineração, necessitam que seus dados sejam atualizados constantemente e nunca descartar as medidas de controle já existente. Esse mecanismo deve se tornar um agente somador, que possibilite futuramente otimizar, de maneira proativa, evitar ou mitigar os danos ambientais, sociais e econômicos.

REFERÊNCIAS

MARTINS, Jurandir; RIBEIRO, Vitor. **Reagentes para Flotação. Faculdades Kennedy de Engenharia. Belo Horizonte, 2014.**

BERTRAND-KRAJEWSKI, JL, S. Barraud e B. Chocat. **Necessidade de Metodologias e Medidas Melhoradas para a Gestão Sustentável do Sistema Urbano de Água", *Environmental Impact Assessment Review*, 20, pp. 323-331. 2000.**

CARVALHO, A.R.; OLIVEIRA, M.V.C. **Princípios básicos de saneamento do meio. SENAC. São Paulo, 2010. p.400.**

CONTI, M.E., &CECCHETTI, G.**Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment - a review. *Environmental Pollution*, 114, 471-492. 2001.**

CONTI, M.E. **Biological monitoring: theory & applications - Bioindicators and biomarkers for environmental quality and human exposure assessment.**Boston: WIT Press, 228 pp, 2008.

GOELZER, Berenice I. F. **Reconhecimento, avaliação, prevenção e controle de riscos ocupacionais, CIH1. Engenheira e Higienista. 2004.**

GOULART, M.D. & CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. Revista FAPAM (no prelo). 2003.**

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Mineração e meio ambiente.**Brasília: Ibram, 1992.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS AGUAS. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia do Rio das Velhas.** Disponível em <<http://www.igam.mg.gov.br/>> Acesso em 10 out. 2020.

MENDES, I.C., HUNGRIA, M., Reis-Junior, F.B., FERNANDES, M.F., CHAER, G.M., MERCANTE, F.M., & ZILLI, J.E. **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade? Planaltina: Embrapa Cerrado, 31 p. 2009.**

MORENO, P., & CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas.** In: Ferracini, V.L., Queiroz, S.C.N., & Silveira, M.P. (Orgs.), *Bioindicadores de qualidade da água* (pp. 95-116). Jaguariuna: EMBRAPA. 2004.

PEDRALLI, G. **Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativa para usos múltiplos de reservatórios.** In: THOMAZ, S.M., & BINI, L.M. (Eds.), *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas* (pp. 171-188). Maringá: EDUEM. 2003.

PEREZ, G. R. **Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de La calidad del agua.** *Rev. Colom.Cienc*, v.23, p 375-387, 1999.

ROSENBERG, D. M. & RESH, V.H. **Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** In: *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* (eds.), New York, pp. 1-9. 1993.

WHITFIELD, J. Vital signs. *Nature*, 411 (28): 989-990. **US Environmental Protection Agency (USEPA).** 1996. Proposed guidelines for ecological risk assessment: Notice. FRL-5605-9. *Federal Register*, 61, 47552-47631. 2001.