

“ECOTOXICOLOGIA COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO NA GESTÃO MUNICIPAL DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE BARÃO DE COCAIS-MG.”

Maria Cristina. C.S.Guimarães

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências
Biológicas, Pós –Graduação da Universidade Federal
de Minas gerais, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Especialista em Gerenciamento
Municipal de Recursos Hídricos.

ORIENTADORA: Profa. Dra. Arnola Cecília Rietzler

Barão de Cocais
2007

Dedico este trabalho a meus pais que dedicaram as suas vidas à formação da minha, a Arnola que acreditou em mim e à minhas filhas, pela compreensão, amor e apoio.

Muito obrigada.

Agradecimentos

À Profa. Dra. Arnola Cecília Rietzler, pela aceitação, "adoção", orientação, confiança e amizade, sempre mais que uma orientadora.

Ao Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos, UFMG.

A Vilma e Simone, do Curso de Pós-graduação em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos (UFMG), obrigada pela dedicação e apoio.

Aos Coordenadores Francisco Barbosa e Paulina Barbosa, e também aos docentes do Curso de Pós-graduação em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos (UFMG) pelos momentos de aprendizagem e convívio.

A Gerdau - Barão de Cocais, pelo apoio e parceria na fase inicial do pré-projeto, mais especificamente ao Engenheiro Ildemar Barros, por acreditar.

A Prefeitura Municipal de Barão de Cocais, pelo incentivo na realização dos estudos iniciais do pré-projeto.

Ao Abílio e à Clarice (CHREA-USP) por me "dar o bichinho" da curiosidade e instigar o gosto pela Limnologia e Ecotoxicologia.

Aos meus colegas de turma, pelo companheirismo, confiança e amizade, Arley, Cristina(S), Viviane, Renata, Meire, Madalena, Ana Cristina, Geralda, Rosana, Fábio, Jane, amigos de verdade, e a todos os demais colegas, deixarão saudades.

À Marta – Diretora da Escola Estadual Odilon Behrens e ao José Maurício Lage, Diretor Administrativo da UNIPAC - Barão de Cocais, por entenderem minha ausência e acreditar no meu trabalho, sem o qual não seria possível a realização deste sonho.

Aos meus irmãos: Daniel pela ajuda financeira e amizade, ao Luiz pelo apoio e incentivo, à Brígida e Gabriel pelo auxílio com as meninas.

Ao meu amigo-irmão Bruno, apesar das pedras, valeu a caminhada, obrigada por me auxiliar na realização deste projeto de vida.

A minha família que sempre entendeu minha ausência nos fins de semana, nas reuniões, me incentivando sempre a seguir em frente, valeu por acreditarem: Lucrecia, Mário, Kátia, Nilson, Marília, Gina, João, Iara, Sidney e Inês.

Aos amigos que foram parceiros na vida e na caminhada, apoio em diversos momentos: Cristina (Lôra), Camilla, Gracinha, Valdinéia, Tininha, Wagner, Anjo, valeu por me apoiar mesmo sem muitas vezes entender os motivos.

A minhas sementes - in memoriam: José Batista e José Rodrigues de Carvalho, por deixar em mim a semente da pesquisa, confiança, amor e cultura, obrigada por acreditar em mim.

A vó Lygia e Tia Inah, obrigada por me dar a chance de “descobrir novos mundos” ao lado de vocês desde a mais tenra idade.

Ao meu pai Byron e minha mãe Maria, pela *vida renovada no convívio e fé*, sempre! Obrigada.

A minhas filhas Luiza e Lygia, obrigada pela doçura, paciência e entendimento pela minha ausência por quase um ano em viagens nos finais de semana para realizar este sonho, amo vocês.

A todos aqueles que eu tenha esquecido de citar e contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Muito Obrigada!

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo o levantamento bibliográfico e a discussão acerca do gerenciamento municipal de recursos hídricos, no Município de Barão de Cocais - MG, utilizando testes ecotoxicológicos preliminares realizados em 2003 como suporte e tendo a Ecotoxicologia como ferramenta auxiliar de forma a contribuir com o desenvolvimento de ações de mobilização, educação ambiental, monitoramento efetivo e técnicas que possam subsidiar a gestão dos recursos hídricos.

Embora as pesquisas que visam diagnosticar e tratar ambientes aquáticos degradados tenham aumentado muito nas últimas décadas, inexistem soluções mágicas e/ou instantâneas que possam resolver a problemática da degradação ambiental. O desenvolvimento de uma consciência ambientalista, muito mais do que medidas punitivas, ainda é o meio mais eficaz de evitar a concretização da grande crise da água, prevista para um futuro bem próximo.

Com certeza o desenvolvimento do modelo de gestão e dos princípios democráticos carecerão de mais experiências e estudos, principalmente comparativos. Não obstante, “parece inevitável que, se a sociedade está habilitada a resolver seus problemas de desenvolvimento sustentável, este paradigma oferece uma ferramenta que ajuda a melhorar o gerenciamento da água em meio a complexidades e conflitos do mundo de hoje” (GRIGG, 1998: 12).

As gerações atuais precisam de uma nova cultura em relação ao uso da água, pois, além da garantia de seu próprio bem-estar e sobrevivência, devem cultivar a preocupação com as próximas gerações e com a natureza, as quais, por certo, também têm direito a esse legado.

Sendo a região de Barão de Cocais e Santa Bárbara rica em fauna e flora e ainda podendo contar com corpos hídricos em seu estado natural; em contra - partida, entretanto, apresenta intensa atividade de mineração, siderurgia e garimpo, tornando-se imprescindível o monitoramento da qualidade dos ambientes aquáticos da região.

Palavras chave: ecotoxicologia, gerenciamento municipal de recursos hídricos, recursos hídricos.

ABSTRACT

This work objective is the bibliographic survey and the discussion about the municipal management of hydric resources in Barão de Cocais city – MG, using preliminary ecotoxicológicos tests performed in 2003 as a support and having the Ecotoxicologia as an auxiliary tool in order to contribute with the development of mobilization actions, environmental education, effective monitoring and techniques which can subsidy the hydric resource management.

Although the researches which aim diagnose and treat degraded aquatic environments have increased in the last decades, magic and/or instantaneous solutions don't exist to solve the environmental degradation. The development of an environmental conscience, more than punishment measures, has still been the most efficient way to avoid the big concretization of the water crisis, predicted to a very near future.

It's sure that the development of the management model and the democratic principles will need more experiences and studies, mainly comparatives. "It seems to be inevitable that, if the society is able to solve its problems concerning sustainable development, that paradigm offers a tool that helps to improve the water development in complexities and conflicts nowadays" (GRIGG, 1998:12).

The current generations need a new culture related to the use of water, since, besides the guarantee of their own well being and survive, they must cultivate the concerning with the next generations and with the nature, which have also the right to that concerning.

Being the region of Barão de Cocais and Santa Bárbara rich in fauna and flora and even being able to count with hydric bodies in their natural state; however they have intense activity of mining and iron metallurgy, being essential the quality monitoring of aquatic environments in the region.

Key-words: ecotoxicologia, municipal management of hydric resources, hydric resources.

SUMÁRIO

Dedicatória.....	2
Agradecimentos.....	3
Resumo	5
Abstract	6
Lista de Figuras.....	8
Lista de Tabelas.....	9
1-Introdução Geral.....	10
2-Objetivos Gerais.....	14
3-Justificativa.....	15
4-Aspectos Legais e Institucionais dos Recursos Hídricos Brasileiros.....	15
5-Characterização da Área de Estudo.....	17
6-O Planejamento, Gerenciamento e Desenvolvimento Sustentável e a Escassez dos Recursos Hídricos.....	23
7-Ecotoxicologia como ferramenta no gerenciamento de recursos hídricos.....	28
8-Toxicidade Aguda.....	33
9-Toxicidade Crônica.....	33
10-Gerenciamento e Estudos Ecotoxicológicos : Constatações Locais.....	37
11- Discussão.....	42
12- Conclusões.....	46
13- Considerações Finais	47
14-Referências Bibliográficas.....	48

Lista de Figuras

Figura 1- Bacia de drenagem do Rio Doce e os principais municípios.....	18
Figura 2 Bacia do rio Doce e principais afluentes no entorno do Parque Estadual do Rio Doce (PERD).	20
Figura 3 -Mapa da região de Barão de Cocais/Gongo-Socorro.....	21
Figura 4- Mapa da região de Barão de Cocais/Santa Bárbara.....	22
Figura 5- Exemplar de <i>Ceriodaphnia dubia</i>	31
Figura 6 - Exemplar de <i>Daphnia laevis</i>	32
Figura 7 –Total de neonatas em testes de toxicidade crônica com água durante o projeto.....	39
Figura 8- . Total de neonatas em testes de toxicidade crônica com sedimento durante o projeto.....	39
Figura 9-: Resultados dos testes de toxicidade aguda à <i>Daphnia similis</i> e <i>Chironomus xanthus</i> utilizando amostras de sedimento.....	39

Lista de Tabelas

Tabela 1- Demanda de água.....19

Tabela 2- Teores máximos de alguns metais potencialmente prejudiciais em águas naturais (Classe 2) e teores encontrados nos pontos amostrados. Fonte-CONAMA 20, 1986

*Portaria/GM/Nº 0013.....42

1-Introdução Geral

A água na Terra é a essência da vida e domina por completo a composição química de todos os organismos (WETZEL, 1983). Direta ou indiretamente, a água é essencial em quase todos os processos produtivos do indivíduo, principalmente no desenvolvimento normal da vida.

Desde os primórdios da vida no planeta Terra e da história da espécie humana, o *Homo sapiens*, a água sempre foi essencial. Qualquer forma de vida depende da água para sobrevivência e/ou para seu desenvolvimento. A água doce é, portanto, essencial à sustentação da vida, e suporta também as atividades econômicas e o desenvolvimento (TUNDISI, 2003).

Entretanto, à medida que a humanidade aumenta a capacidade tecnológica de intervir na natureza, para satisfazer suas necessidades e desejos crescentes, surgem os conflitos quanto ao uso do espaço, dos recursos e da disposição dos resíduos no ambiente (ZAGATO, 2006).

O desenvolvimento econômico e social de qualquer país está fundamentado na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade destes países em gerenciar estes recursos, que antes eram tidos como inesgotáveis e hoje, sabemos de suas limitações e conhecemos o seu ciclo, percebendo, portanto, que se trata de um recurso finito. A industrialização trouxe consigo inúmeros problemas, como esgotos industriais, eutrofização, produtos químicos e o crescente aumento da urbanização, trazendo agregado a si o aumento do aporte de esgotos sanitários, fontes de poluição pontuais e difusas, contribuindo significativamente para a modificação dos ecossistemas. (TUNDISI & BARBOSA,1995).

A água doce é um recurso limitado, sendo necessária a implementação de medidas de conservação e recuperação dos recursos disponíveis(TUNDISI & BARBOSA,op.cit). A preservação e conservação destes recursos se faz necessária também pela sua grande diversidade biológica e por ser a garantia da melhoria das condições de vida das atuais e futuras gerações. As avaliações sobre a água, sua disponibilidade e seu papel no desenvolvimento estão mostrando a necessidade de mudanças substanciais na direção do planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos - águas superficiais e subterrâneas (TUNDISI, 2003). Existem hoje inúmeras ferramentas para auxiliar no

gerenciamento de recursos hídricos e uma delas é a ecotoxicologia. A história da Toxicologia acompanha a própria história da civilização, pois desde a época mais remota, o homem possuía conhecimento sobre os efeitos tóxicos de venenos animais e de uma variedade de plantas tóxicas (OGA, 2003). A Toxicologia vem evoluindo com o tempo e, segundo OGA (op.cit.), a Toxicologia é hoje uma verdadeira ciência social, cujo estudo visa propor maneiras seguras de se expor às substâncias químicas, permitindo que o homem se beneficie das conquistas da era tecnológica.

A Toxicologia – ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes das interações de substâncias químicas com o organismo - pode ser subdividida em diversas áreas de atuação, tendo a Toxicologia Ambiental como uma delas, e como subdivisão a Ecotoxicologia, que segundo PLAA, 1982, “é a ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a interação das substâncias com o meio nos quais os organismos vivem num contexto integrado”.

A Ecotoxicologia é uma ciência jovem quando comparada à Toxicologia Clássica, e defini-la requer uma visão mais ampla do que a simples avaliação de efeitos das substâncias sobre os organismos, uma vez que a toxicidade ou ecotoxicidade pode não ser o resultado da ação de apenas uma substância isolada, mas da interação e magnitude de vários agentes presentes num determinado ambiente (ZAGATTO & BERTOLLETTI, 2006).

Embora os primeiros testes de toxicidade com despejos industriais tenham sido realizados entre 1863 e 1917, somente na década de 1930 foram implementados alguns testes de toxicidade aguda com organismos aquáticos, com o objetivo de estabelecer a relação causa/efeito de substâncias químicas e despejos líquidos (Rand, 1995).

Segundo ZAGATTO & BERTOLETTI (2006), a primeira iniciativa em termos metodológicos na área de Ecotoxicologia, no Brasil, se deu em 1975, num programa internacional de padronização de testes de toxicidade aguda com peixes desenvolvido pelo Comitê Técnico de Qualidade das águas TC147 da International Organization for Standardization (ISSO), com a participação da CETESB, utilizando peixes como organismos-teste, e a partir de 1975, foram desenvolvidos e adaptados vários métodos de

ensaios de toxicidade aguda e crônica, de curta duração, utilizando outros grupos e espécies de organismos, dentre os quais algas, microcrustáceos e peixes de águas continentais e marinhas e testes com sedimentos, para avaliação da poluição hídrica. Embora entidades normativas de outros países já tivessem, em 1975, estabelecidas suas normas, somente em 1987 a ABNT, começa a publicar suas primeiras normas relativas a testes ecotoxicológicos com organismos aquáticos. Atualmente, entidades de meio ambiente de vários Estados da Federação, institutos de pesquisa, indústrias, laboratórios particulares e governamentais têm intensificado o uso de testes ecotoxicológicos para as diversas finalidades.

Para análise mais detalhada visando o controle da poluição hídrica, os testes de toxicidade são indispensáveis pois utilizam organismos vivos que são afetados diretamente por desequilíbrios que podem ocorrer nos ecossistemas aquáticos (RODGER, 2001). Segundo BRANCO (1999), a toxicidade da água só pode ser estimada, com um certo grau de segurança, através de testes realizados com seres vivos.

O princípio de todo teste de toxicidade baseia-se na identificação da resposta dos organismos-teste à presença de agentes tóxicos, sendo que esta resposta está associada a quantidade desses agentes (nível de exposição). Várias espécies tem sido utilizadas como organismo-teste, principalmente de peixes (*Pimpephales promelas*), microcrustáceos (*Daphnia similis*, e *Ceriodaphnia dubia*), anfípodos (*Hyalella azteca*), larvas de insetos (*Chironomus* spp), algas verdes (*Pseudokirchneriella subcapitata*) e algas marinhas (*Skeletonema costatum*) (ADAMS, 1995).

A poluição e a contaminação vêm aumentando devido à crescente carga de poluentes em toda a biosfera, sendo que os corpos d'água, principalmente os sedimentos, são o destino final para a maioria dos contaminantes. Neste sentido, estudos que visem o monitoramento da qualidade da água precisam ser desenvolvidos. Estes incluem o monitoramento de variáveis físicas e químicas bem como o biomonitoramento, o qual pode detectar a resposta dos organismos face às alterações ambientais, apresentando vantagens, uma vez que são fornecidas informações mais complexas sobre o estresse sofrido pelos ecossistemas (ANDRADE, 2003).

O biomonitoramento pode ser subdividido em biomonitoramento passivo ou bioavaliação, que são análises das comunidades biológicas que carecem de controles experimentais rígidos, e biomonitoramento ativo, ou bioensaios, que constam de testes

laboratoriais ou *in situ* que requerem rigorosos registros experimentais que avaliam a toxicidade de substâncias aos organismos (HERRICKS *ET AL.*, 1989; BURTON, 1992).

Nos estudos ecotoxicológicos, a toxicidade de uma substância ou efluente, bem como do corpo receptor e sedimento, pode ter efeitos agudos ou crônicos sobre os organismos. Os efeitos agudos são respostas bruscas e rápidas que os organismos apresentam quando expostos a um estímulo, sendo normalmente a letalidade ou a imobilidade os efeitos mais comuns (RAND & PETROCELLI, 1985).

Os efeitos crônicos são aqueles que produzem efeitos deletérios aos organismos como alterações na reprodução, crescimento, comportamento, longevidade, entre outros (CETESB, 1996). Ambos os efeitos são determinados através de testes ecotoxicológicos, nos quais uma quantidade conhecida de organismos é exposta ao agente estressante por períodos conhecidos de tempo e, posteriormente, os efeitos são avaliados pela taxa de sobrevivência ou mortalidade dos organismos, bem como efeitos comportamentais, morfológicos e fisiológicos. A concentração do agente tóxico e o tempo de exposição estão diretamente relacionados e, portanto, altas concentrações poderão ter efeitos prejudiciais em tempos extremamente curtos (RAND *et al.*, 1995).

Os testes de toxicidade com sedimentos realizados em laboratório fornecem informações ecológicas importantes que podem ser utilizadas para identificar a toxicidade dos sedimentos, bem como os locais mais contaminados e, conseqüentemente, requerer mecanismos de ação imediata para a recuperação do sistema (ROSIU *et al.*, 1989).

O uso de várias espécies na avaliação da contaminação dos sedimentos dos ecossistemas é importante porque a sensibilidade das espécies varia conforme o agente tóxico e as condições ambientais (REYNOLDSON & DAY, 1995). Nenhuma espécie é a mais sensível para todas as substâncias tóxicas, o que embasa a premissa de que o uso de uma bateria de testes utilizando várias espécies, considerando diferentes parâmetros finais de avaliação, é essencial na avaliação dos ecossistemas aquáticos e da qualidade dos sedimentos (BURTON, 1992).

A utilização da ecotoxicologia como ferramenta suporte na gestão de recursos hídricos se faz extremamente necessária face a realidade dos ecossistemas. A disponibilização de metais para os organismos dependerá da rota de exposição (oral, cutânea ou outra rota), do hábito alimentar e do tipo de organismo (BURTON, 1992). A disponibilidade na água é, portanto diretamente proporcional à atividade da forma

dissolvida (iônica), organismos fitoplanctônicos, filtradores e peixes, podem estar expostos a estas concentrações de poluentes, sofrendo as conseqüências de possíveis ações tóxicas agudas ou crônicas (CAIRNS, 1982).

O crescente desenvolvimento industrial e urbano tem provocado um aumento significativo nos estoques de metais presentes nos ecossistemas aquáticos. Uma vez inseridos no ambiente, os metais podem ser transportados e transformados através de diversos processos: em função de sua origem, suas propriedades físico-químicas e das quantidades introduzidas. esses elementos podem causar efeitos adversos ao homem, assim como danos às biocenoses dos ecossistemas (SUNDA & HUNTSMAN, 1998).

O interesse na utilização da Ecotoxicologia como ferramenta suporte na gestão de recursos hídricos no município de Barão de Cocais, deve-se ao fato da cidade ter como rio principal o Rio São João, que foi e ainda é o principal elemento organizador do espaço social na região, e do município ainda não dispor de um trabalho efetivo de monitoramento hídrico, ressaltando também a importância da tomada de decisões levando em consideração a bacia hidrográfica, com uma visão integrada e não uma região compartimentada do rio. Assim, a tomada de decisões poderá beneficiar uma região mais abrangente e não apenas o município.

2-Objetivos Gerais

O presente estudo teve como objetivo geral o levantamento bibliográfico e a discussão acerca do gerenciamento municipal de recursos hídricos, no Município de Barão de Cocais - MG, utilizando testes preliminares realizados em 2003 como suporte e tendo a Ecotoxicologia como ferramenta auxiliar de forma a contribuir com o desenvolvimento de ações de mobilização, educação ambiental, monitoramento efetivo e técnicas que possam subsidiar a gestão dos recursos hídricos.

3-Justificativa

A escassez de água tem sido reconhecida como obstáculo ao desenvolvimento de vários setores da sociedade (LUNDQVIST, 2000). Segundo Salati, Salati e Lemos apud Rebouças *et al.* (1999), a água é um fator limitante para o desenvolvimento sustentável e, para a análise desse problema, é fundamental a identificação dos fatores que fazem com que a água seja ou venha a ser um fator limitante.

A incerteza resultante da escassez da água no mundo vem acarretando a necessidade de introduzir práticas mais flexíveis de gestão deste recurso, passando pela descentralização, integração, participação e financiamento compartilhado, pois somente desta forma a preocupação com a sustentabilidade será incorporada, desde as políticas públicas até as ações dos empresários e dos cidadãos (LUCHINI, 2000).

Dessa forma, um estudo que procura verificar, na gestão de recursos hídricos, quais são os fatores a serem considerados no Gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Doce, mais especificamente na sub-bacia do Rio São João, sendo a região de relevante interesse econômico, político e ambiental, torna o tema ao mesmo tempo oportuno e relevante.

4- Aspectos legais e institucionais dos recursos hídricos brasileiros

Desde a edição da Constituição do Império, em 1824, o tema recursos hídricos tem sido tratado em nosso sistema legal, constitucional e infraconstitucional, visando a proteção da saúde humana, sustentabilidade de um recurso natural indispensável ao crescimento econômico do País e ainda, contemporaneamente, como recurso natural vital à sobrevivência da espécie humana. Salienta-se que, ainda na época do Brasil-colônia, sob a égide das Ordenações do Reino já existiam institutos para regular o regime das águas existentes em nosso território (BRAGA,2002).

No âmbito institucional, vários órgãos e instituições estatais foram criados, fundidos e re-direcionados, não obstante, nem sempre visando a gestão sustentável dos

recursos hídricos. Salienta-se que o primeiro órgão criado foi a Comissão de Estudos de Forças Hidráulicas, do Serviço Geológico e Mineralógico do Ministério da Agricultura, que data de 1920 (LANNA,1995).

Antes da edição da Constituição do Império, vigorava no Brasil, as Ordenações do Reino, sendo adotado o Alvará de 1804, aplicado no Brasil pelo Alvará de 1819 (BRAGA, op.cit).

Pela Ordenação, os rios navegáveis e os que se faziam navegáveis, que eram caudais e corriam o tempo todo, pertenciam aos direitos reais. A utilização das águas dependia de concessão regia. Não obstante, o Alvará de 1804, consagrou a situação de fato existente, no sentido da livre derivação das águas dos rios e ribeiros, que podiam ser feitas por particulares, por canais ou levadas, em benefício da agricultura e da indústria (POMPEU, 2002).

Com a promulgação da Constituição do Império, a Ordenação tornou-se inaplicável no Brasil. Os direitos reais foram transferidos para o domínio nacional. O Alvará de 1804, todavia, continuou em vigor até o advento do Código de Águas (BRAGA,2002).

Em 12 de agosto de 1834, foi promulgado o Ato Adicional 16, que estabelecia a competência das Assembléias Legislativas provinciais para legislar sobre obras públicas, estradas e navegação no interior de seus respectivos territórios, o que tinha reflexos sobre a política a ser adotada no pertinente às águas (ANTUNES, 2002).

As profundas alterações ocorridas na sociedade, na economia e no meio ambiente no século XX, tornaram indispensável a implementação de instrumentos de proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais. Em razão disto, a CF/88 destinou um capítulo exclusivo ao meio ambiente. DRUMMOND (1998/1999, p.144) afirma que "pela primeira vez uma constituição brasileira dedicou um capítulo exclusivamente ao Meio Ambiente, o que é uma raridade no mundo".

As inovações promovidas pela Constituição de 88, para o setor hídrico, foram muito importantes, haja vista que grande parte da legislação existente estava defasada, por não dispor de instrumentos necessários à gestão (MUÑOZ, 2000).

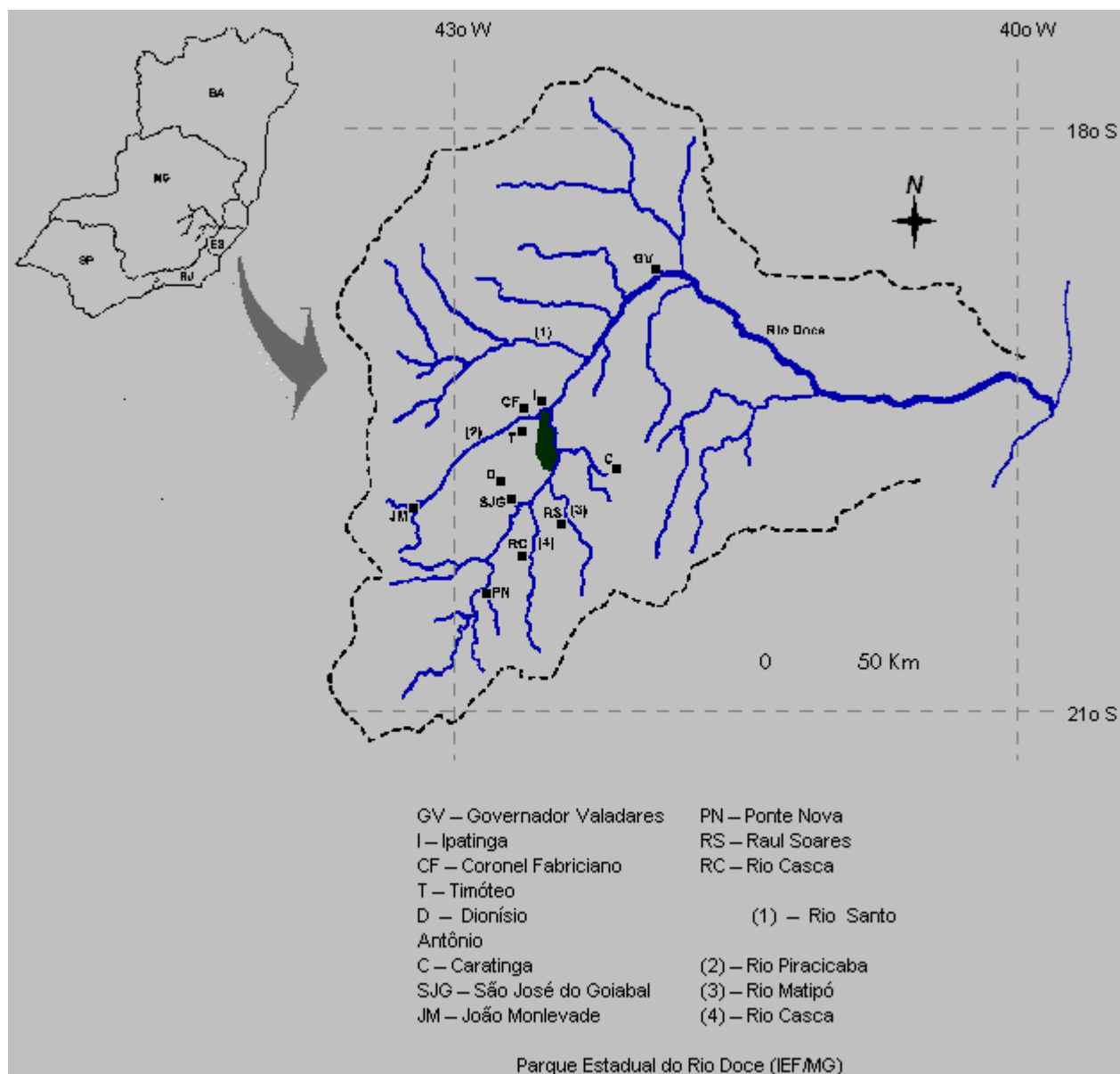
Aos Estados, foi definida a competência para legislar sobre o aproveitamento e utilização dos recursos hídricos de seu domínio, conforme o artigo 26, I e II. Já o artigo 24, VI, define como competência concorrente da União, Estados e do Distrito Federal para

legislar sobre "florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição". Num primeiro momento, as competências parecem conflitantes e confusas, mas não o são. Pois, à União, cabe legislar sobre o Direito de Águas, enquanto que aos Estados e Distrito Federal cabe legislar sobre as normas meramente administrativas, ou seja, que se destinam à gestão dos recursos de seu domínio e em combate à poluição. Portanto, sendo-lhes vedado criar, alterar ou extinguir direitos, ou seja, legislar sobre o Direito de Águas. Neste sentido, esclarece POMPEU (*apud* GRANZIEIRA, 2001, p.69): segundo Silvana Lúcia Henkes, legislar sobre águas significa dizer que cabe à União estabelecer normas gerais, de aplicação nacional, incidente sobre as águas federais e estaduais, com a finalidade de criar, alterar ou extinguir os direitos sobre as águas.

Os Recursos Hídricos devem ser trabalhados através de ações coletivas, que envolvam o poder público e a sociedade, para que a sua gestão seja realmente compartilhada.

5- Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está situada na Bacia do Rio Doce (Figura 1), localizada a sudoeste de Minas Gerais, compreendendo uma área de drenagem de 83.400 Km², dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e 14% ao Estado do Espírito Santo. Abriga uma população de 3,1 milhões de habitantes, distribuídos ao longo de 222 municípios (CETEC, 1988).



[ja](#)

[vascript.:](#)

Figura 1 – Bacia de drenagem do Rio Doce e os principais municípios. Adaptado de Mello (1997).

Esta região apresenta clima mesotérmico; o regime de chuvas pode ser descrito como tropical sendo que a estação das águas compreende o período entre outubro e março, quando normalmente ocorrem as maiores precipitações. A estação seca corresponde ao período entre abril e setembro, sendo normalmente agosto o mês mais seco (OBERDÁ, 1996).

Na região pesquisada são desenvolvidos grandes projetos de mineração (minério de ferro/ouro), siderurgia, indústria de celulose, além de atividades de agricultura, garimpo e pecuária.

O sistema de drenagem desta bacia tem um papel fundamental na economia do leste brasileiro, uma vez que além de fornecer água para diversos fins, como uso doméstico, agropecuário, industrial, e geração de energia, ainda recebe esgotos, rejeitos e efluentes produzidos pelos centros urbanos e indústrias (DE PAULA, 1997).

Tabela 1- Demanda de água na Bacia hidrográfica do rio Doce

Demanda de água na bacia do rio Doce

BACIA	DEMANDA DOMÉSTICA (m³/s)		DEMANDA INDUSTRIAL (m³/s)		DEMANDA PARA IRRIGAÇÃO (m³/s)	
	1980	1995*	1980	1995*	1980	1995*
Piracicaba	-	-	15,01	21,96	-	-
Doce	1,65	4,39	2,35	3,19	9,18	19,63
Total	3,12	8,14	19,98	28,75	-	-

*Valores Projetados

Fonte: Inventário de Estudos e Propostas da Bacia do Rio Doce

Sendo a região marcada por intensas atividades antrópicas, há também uma outra realidade regional que reforça ainda mais a condição de região expressiva para a bacia do Rio Doce, Trata-se da existência de dois parques, do Caraça e do Rio Doce, preservados em sua integridade, e desse modo a região apresenta um sistema ambiental em que, ao lado de grandes complexos de atividades impactantes como a mineração, garimpo, siderurgia, reflorestamento com monocultura de eucaliptos, agropecuária, indústria de celulose e núcleos urbanos, há áreas que conservam as características básicas da fauna e flora originais (CETEC, 1988; GUERRA, 1993; DE PAULA, 1997).

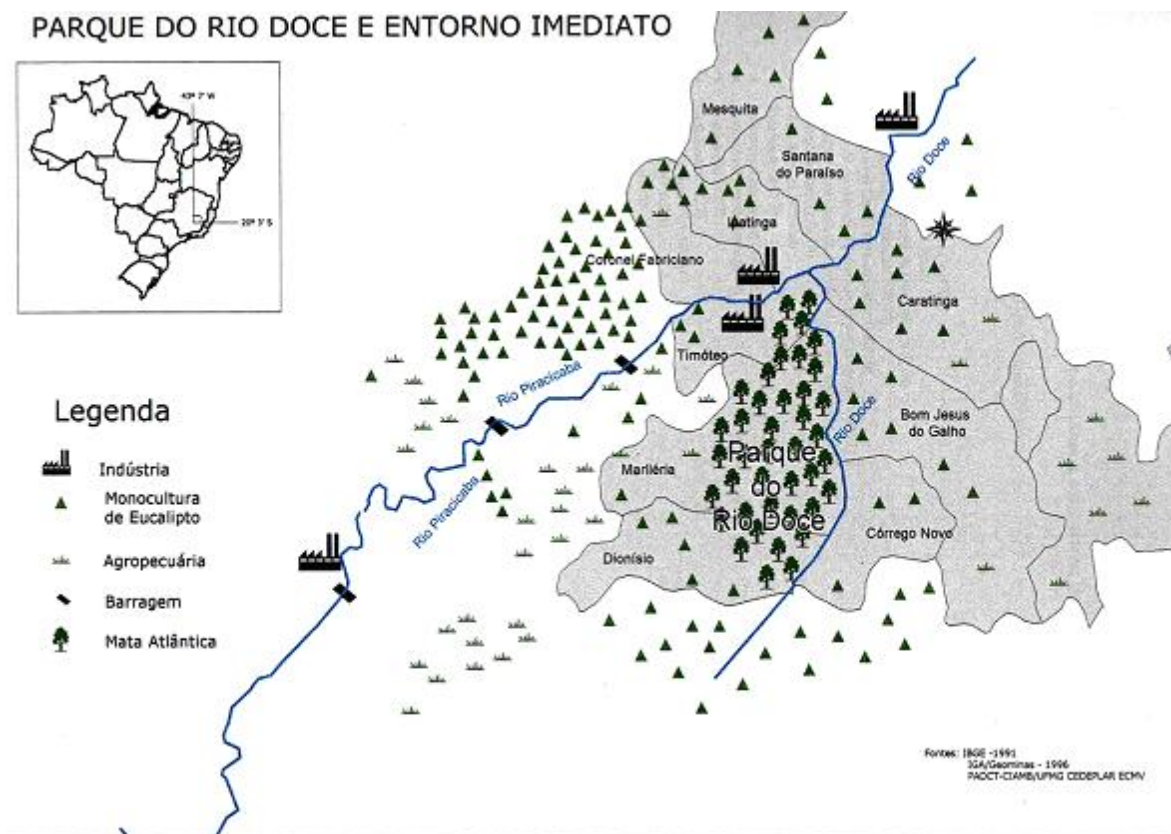


Figura 2 - Bacia do rio Doce e principais afluentes no entorno do Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Extraído de Barbosa *et al.* (2000).

O Rio São João está situado na bacia do Rio Doce, sub-bacia do Rio Piracicaba, e a nossa principal fonte de estudo, foi - e ainda é - o principal elemento organizador do espaço social na região. Ao longo de seu leito, implantou-se as casas, comércios, indústrias, assim como as principais ruas. Suas condições atuais devem-se ao fato deste apresentar ambientes aquáticos sujeitos à ação antrópica, incluindo trechos de rio altamente impactados pelas atividades de siderurgia e mineração, bem como ambientes aquáticos ainda bem conservados, sobre os quais operam basicamente processos naturais.

A cidade de Santa Bárbara teve como parte amostrada, nos testes realizados em 2003, a região de encontro do Rio São João (Barão de Cocais) e Conceição (Santa Bárbara), levando-se em consideração a importância destes rios para a região e seus entornos que contam com a presença de indústrias.



Figura 3- Mapa da região de Barão de Cocais(Gongo-Socorro).
Fonte: IBGE – Diretoria de Geodésia e Cartografia.
Caeté / Folha: SE-23-Z-C-VI-4



Figura 4- Mapa da região de Barão de Cocais/Santa Bárbara.
Fonte: IBGE – Diretoria de Geodésia e Cartografia.
Itabira / Folha: SE-23-Z-D-IV

Outra atividade impactante na região do médio rio Doce é a mineração, que nas etapas de lavra e beneficiamento do minério lançam rejeitos (efluentes) líquidos e sólidos nos sistemas aquáticos (óleos, amônia, graxas, arsênico, cálcio, cianeto, mercúrio, nitrato, partículas de ferro, manganês e zinco, entre outras), comprometendo as nascentes e mananciais que servem de fonte de abastecimento de água potável para a população da região (DE PAULA, 1997).

Um outro aspecto que tem preocupado a população em geral no mundo e não diferente em Barão de Cocais é a rápida diminuição do volume de águas, o comprovado secamento das nascentes, o assoreamento do Rio (o São João principalmente) que tem aumentado por motivo do desflorestamento de suas cabeceiras, diminuindo a profundidade média do rio e consequentemente provocando enchentes e perda da lâmina de água. Grandes bancos de sedimentos e surgimento de ilhas comprovam este fato, assim como o aumento da turbidez das águas que transportam os sólidos em suspensão,

efluentes industriais, lixo urbano e esgotos das cidades que são jogados in natura no rio, causando sua degradação e perda de qualidade das águas.

Quando se fala em qualidade da água não se refere a um grau de pureza absoluto mas sim, a um padrão tão próximo quanto possível do natural, como é encontrado nos rios e nascentes antes do contato com o homem (CARVALHO *et al.*, 1999). Segundo levantamentos e estudos realizados pela ONU, o ano de 2015 será o ponto crítico do abastecimento de água para o planeta (WORLD BANK, 2002). Santos *et al.* (2001) dizem que, face à escassez, é certo o surgimento de grandes conflitos. A água será extremamente valiosa e comercialmente disputada.

Nas conferências das Nações Unidas realizadas no Rio de Janeiro e em Nova York, nos anos de 1992 e 1997, respectivamente, o problema da água foi colocado como a principal questão a ser resolvida a fim de se promover o desenvolvimento sustentável (STIKKER, 1998). O Banco Mundial demonstra preocupação no que diz respeito ao acesso da população à água em condições de uso, pois este acesso será reduzido pelo menos à metade entre os anos de 1990 e 2015. Assim, acredita-se que os países devam implementar uma estratégia nacional visando o desenvolvimento sustentável a fim de se assegurar, mundialmente, até o ano de 2015, a reversão da atual tendência de perda dos recursos naturais (ROOY *et al.*, 1998) e (WORLD BANK, 2002).

A escassez dos recursos hídricos pode ser verificada nas estatísticas apresentadas na Figura 1, que mostra que de toda a água existente no mundo apenas 2,5% são água doce. A preocupação com a água se deu a partir da percepção de que se trata de um recurso natural renovável quando se considera o ciclo hidrológico, e, finito, quando se sabe da quantidade disponível no mundo (CARNESECA, 2001).

Assim, para se ter disponível quantidade de água, com qualidade, no século XXI, se faz necessário, segundo Rooy *et al.* (1998), uma mudança na maneira de se lidar com os recursos hídricos.

6- O planejamento, gerenciamento e desenvolvimento sustentável e a escassez dos recursos hídricos

A preocupação mundial com as limitações do desenvolvimento do planeta data da década de 1960. Um marco foi a fundação do Clube de Roma, fórum de discussão de

chefes de estado, economistas, pedagogos, humanistas, industriais, banqueiros, líderes políticos e cientistas para analisar a situação mundial e oferecer previsões e soluções para o futuro da humanidade (INSTITUTO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E DIREITO AMBIENTAL, 2002).

As conclusões do relatório “Os Limites do Crescimento”, elaborado pelo Clube de Roma, e as diversas discussões que começaram a surgir sobre os riscos da degradação do meio ambiente levaram a Organização das Nações Unidas – ONU, a promover uma Conferência sobre o meio ambiente em Estocolmo – Suécia, no ano de 1972. Na Conferência de Estocolmo foi aperfeiçoado o conceito de sustentabilidade e consolidado o conceito de desenvolvimento sustentável, isto é, produzir melhor, sem desperdícios e de uma forma mais limpa (ECONOMIA NET, 2002).

O desenvolvimento sustentável é definido pelo Relatório Brundtland como “aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”. Este relatório foi elaborado no ano de 1987 pela Comissão Mundial da ONU sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – UNCED, presidida por Gro Harlem Brundtland e Masour Khalid. (ECONOMIA NET, 2002).

Tem-se notado nos últimos anos a ênfase sobre o planejamento, em vez de se focar a autonomia gerencial e o aprendizado organizacional (ANDERSEN, 2000). O planejamento das ações possibilita o estabelecimento de objetivos, metas e responsabilidades para todos os envolvidos na gestão de recursos hídricos (MEREDITH, 1995).

Na elaboração do planejamento, todos os atores devem estar envolvidos. Para evitar desvios, utiliza-se da flexibilização, ou seja, do contato pessoa a pessoa e de respostas rápidas às eventuais indisposições que possam surgir durante o processo (KERZNER, 1997). Para o processo de planejamento das ações, geralmente, são seguidas as seguintes etapas: 1) reconhecimento do problema, 2) documentação do que foi identificado, 3) soluções possíveis, 4) modelo e hipóteses para verificações, 5) decisão, 6) conclusões e comunicação (VALERIANO, 1998).

Para que os objetivos sejam atingidos de forma eficaz e eficiente, os gestores precisam de informações. As informações decorrem de uma representação adequada da realidade com a qual vai se trabalhar (MARTIN, 2002).

Para iniciar qualquer planejamento no campo dos recursos hídricos, é necessário entender como o sistema atual é construído, quem é o gerente da rede e qual a sua visão de infra-estrutura para o desenvolvimento sustentável (NIELSEN, 1999).

O reconhecimento da bacia hidrográfica como unidade de gestão integrada expõe interdependência dos processos ecológicos e do desenvolvimento econômico, social e das interações entre os componentes do sistema. A implantação do gerenciamento integrado encontra-se em fase de transição e novas metodologias e projetos estão sendo implementados em muitos países e continentes, para uma resolução dos inúmeros problemas relativos aos usos e otimização dos usos múltiplos (TUNDISI, 2003a).

Sendo assim, o planejamento dos recursos hídricos de uma bacia consiste em identificar e viabilizar a implementação de ações capazes de ajustar as características da água disponível no local de utilização às exigidas por cada um dos usos, respeitando sempre as características, cultura e ambientes locais. (SAAD, 2000).

É importante lembrar que o planejamento de recursos hídricos sofre influências do meio ambiente, que não é algo estático. Todas as influências devem ser consideradas, senão, torna-se difícil a obtenção de prognósticos acurados sobre a demanda de água para um longo período e qualquer plano sem reservas e qualificações apresenta alta taxa de risco, o que inviabiliza projetos e o gerenciamento eficaz.

Para a obtenção de prognósticos acurados é necessário primeiramente verificar como será o crescimento populacional e para onde se dará o desenvolvimento. O segundo passo é verificar a capacidade e a extensão da infra-estrutura e instalações, analisando o uso atual e o possível uso futuro. Finalmente, deve-se observar como é possível harmonizar a demanda e o fornecimento de água (WILKEN et al., 1998). Devido às constantes mudanças ambientais, existe uma freqüente necessidade de se reorganizar o planejamento, tornando-o algo dinâmico e fazendo com que a comunidade participe desta mudança de forma sustentável. Essa turbulência ambiental exige o reconhecimento e a identificação dos fatores e a agilidade na tomada de decisões (MARTIN, 2002).

Segundo citado por Eduardo Lanna o nosso país em matéria de gerenciamento de recursos hídricos produziu “uma legislação difusa, confusa, muitas vezes conflitante e quase sempre de difícil interpretação, passando sua atuação e a administração destes, de um quadro de atuação ineficiente, passa para outro de total inoperância” (LANNA, 1997: 26).

Conforme Vitorino e João Luiz, a gestão dos recursos hídricos no país realizou-se como “manobra de bastidores”, onde os protagonistas representavam os interesses econômicos e políticos mais poderosos e bem organizados (VICTORINO, 2002).

Barth menciona que a construção desta hegemonia relaciona-se com a história da transformação da água em mercadoria valiosa, quando o setor elétrico desenvolve complexa contabilidade e consegue ser mais objetivo e influente nas decisões estatais na organização dos programas de aproveitamento das águas - com detalhamento preciso de prazos, recursos necessários e metas a serem atingidas (BARTH *et al.*, 1987: 16).

Podemos, assim, colocar a questão ambiental no centro da atenção sociológica e corroborar a hipótese de que esta questão pode ser reconhecida como “fator maior no desencadeamento de transformações institucionais” (MOL apud DUNLAP, 1997: 33).

Torna-se necessário o gerenciamento e o planejamento dos recursos hídricos, com relação à legislação, este paradigma oferece uma ferramenta que ajuda a melhorar o gerenciamento da água em meio a complexidades e conflitos do mundo de hoje” (GRIGG, 1998: 12).

Ainda no campo dos recursos hídricos, deve-se considerar o gerenciamento de forma eficaz, pois, dessa maneira, haverá a condução rumo ao futuro crescimento econômico, com a promoção do desenvolvimento sustentável (CLOTHIER, 2000).

Para o gerenciamento de recursos hídricos ocorrer de forma eficaz, três elementos devem ser bem conhecidos e estudados: a verificação dos objetivos, o conhecimento do sistema de água, e a realização de medições de forma correta. Para se conhecer e estudar estes elementos deve-se selecionar indicadores que expressam as condições essenciais e os usos dos recursos hídricos (JONG *et al.*, 1996). A escassez também pode ser resultado do estilo de vida dos usuários, além da falta de financiamento (SAVENIJE, 2000).

O conceito de gerenciamento de bacia hidrográfica é freqüentemente utilizado como sinônimo de gerenciamento de recursos hídricos, porém, como lembrado por Lanna, deve-se atentar que o primeiro adota a bacia como unidade de planejamento e intervenção num sentido sistêmico de gestão, de uma forma mais ampla, como um processo de negociação social, sustentado por conhecimentos científicos e tecnológicos que visa a compatibilidade das demandas e das oportunidades de desenvolvimento da sociedade com o potencial existente e futuro do meio ambiente, na unidade espacial de

intervenção da bacia hidrográfica e em longo prazo, [...] sendo esse conceito baseado na definição de desenvolvimento sustentável (LANNA, 1995).

Os comitês de bacias são imprescindíveis não somente gestão de águas, mas, potencialmente na reabilitação de nossa sociedade para o resgate de uma cidadania ativa e participante. Às agências de bacias hidrográficas devem se atentar à implementação de política e diretrizes definidas pelos comitês, oferecendo suporte técnico, administrativo e financeiro. Vale lembrar também que a concessão, a cobrança pelo uso múltiplo e ainda o fundo estadual de recursos hídricos são de extrema relevância para o gerenciamento municipal dos recursos hídricos.

O tipo de gerenciamento deve ser conduzido conforme uma perspectiva global, considerando a bacia hidrográfica como unidade básica de gestão. Uma bacia hidrográfica é uma área territorial definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos de água, de forma que toda a água que entra em um sistema, vazão efluente, é descarregada através de uma simples saída, descontando-se as infiltradas e evaporadas (VILLELA & MATTOS, 1975).

Uma decisão em um determinado ponto da bacia hidrográfica afeta a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos que a integram (MOTA, 1995). Este procedimento, de acordo com SWAIN (2001), permite uma abordagem sistêmica, e os esforços conduzidos neste sentido trazem vantagens recíprocas, como o direito de submergir territórios a montante para se obter energia hidráulica ou provisão de água para uma região e eletricidade para outra. Neste mesmo sentido, NAKAGAWA (1993) explica que a visão sistêmica se preocupa com a compreensão de um problema na forma mais ampla possível, ao invés de se preocupar com uma ou algumas partes.

Portanto, o gerenciamento municipal dos recursos hídricos é um conjunto de procedimentos integrados de planejamento e administração, levando-se sempre em consideração a comunidade ao seu entorno. Envolve o uso disciplinado da água e a implantação da decisão descentralizada e participativa, devendo integrar os diversos usos assim como os diferentes sistemas hídricos dentro da bacia hidrográfica (TUCCI, 2001). Segundo MOTA (1995).

Como afirma Romano (2001), "é hora de introduzir e operacionalizar o conceito de "Empowerment como um fator de sucesso em gestões de atividades sociais. "Empowerment" é empoderar, fortalecer, energizar o outro em relação ao verbo "poder"

que é libertador, e não ao substantivo “poder” que é dominador, quando se lastreia na formalidade de um cargo ou na força do poder econômico.

Num país onde opera a falta de investimentos e políticas públicas eficazes na gestão dos recursos hídricos, torna-se importantíssimo que possamos tornar a sociedade mais participativa do contexto ambiental e é nesse contexto que os comitês devem ser considerados enquanto instrumentos de redemocratização.

7- Ecotoxicologia como ferramenta no gerenciamento de recursos hídricos

Ao se considerar a grande quantidade de substâncias lançadas no ambiente aquático em áreas urbanas e rurais, por atividades industriais, agricultura, etc, se torna analítica e economicamente inviável a identificação e estabelecimento de padrões de emissão para todas essas substâncias. Além disto, através desta abordagem não é possível avaliar os efeitos tóxicos que estas substâncias podem apresentar à biota e a possível existência do efeito sinérgico entre as substâncias lançadas no ambiente (RAYA-RODRIGUEZ, 2000).

Segundo Daniel Forsin (et all, 2003) o primeiro dispositivo legal voltado exclusivamente para os recursos hídricos, o *Código das Águas* (Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934 - Brasil, 1934), passando pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 20 de 1986 (Brasil, 1986), até a *Lei das Águas* (Lei 9.433/97 - Brasil, 1997), não se faz qualquer menção ao uso de biomonitoramento para avaliar a qualidade das águas. O descaso com essa metodologia de avaliação ambiental fica evidente quando se analisa o documento *Programa Monitore* do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 1998), que apresenta 65 projetos de "monitoramento da qualidade das águas" no Brasil. Desses, 59 são de águas doces, dos quais 42 em rios. Desse montante, 26 (61,9%) compreendem apenas análises físicas, químicas e/ou bacteriológicas da água. Dos 16 programas de monitoramento restantes, que apresentam análises químicas e algum componente biológico, apenas quatro ainda estavam em funcionamento naquela data. Isso representa menos de 10% dos projetos de qualidade da água de rios, dos quais

dois apresentam a vaga descrição "*monitoramento de corpos d'água sem data prevista para finalização*". (DANIEL FORSIN et al., 2003; MMA, 1998;)

Faz-se necessário, portanto, face à realidade de nosso ambiente, uma gama de critérios para a gestão integrada dos recursos hídricos e uma utilização de métodos de monitoramento que se complete.. A discussão sobre a importância da utilização de critérios integrados não é recente. Desde a década de 1970, pesquisadores e gestores de recursos hídricos da Europa Ocidental e da América do Norte (ARMITAGE, 1995; CAIRNS JR. & PRATT, 1993; PRATT & COLER, 1976) argumentam que as metodologias tradicionais de classificação de águas, baseadas em características físicas, químicas e bacteriológicas, não são suficientes para atender aos usos múltiplos da água, sendo particularmente deficientes na avaliação da qualidade estética, de recreação e ecológica do ambiente. Isso pode ser atingido com uma análise integrada da qualidade da água, ou seja, considerando não apenas as metodologias tradicionais de avaliação, mas os aspectos biológicos do sistema (BARBOSA, 1994; METCALFE, 1989; ROSENBERG & RESH, 1993).

Neste sentido, a Conama menciona algumas iniciativas positivas, como a inclusão de cianobactérias como parâmetro, ou seja, trouxe um parâmetro biológico a mais, embora todos os físicos e químicos tenham sido mantidos, vale ressaltar que ainda precisamos de parâmetros mais restritivos face a rapidez e evolução da degradação dos nossos recursos hídricos,(CONAMA, 357/05).

Segundo JOHNSON *et al.* (1993), um indicador biológico "ideal" deve possuir as seguintes características: ser taxonomicamente bem definido e facilmente reconhecível por não-especialistas; apresentar distribuição geográfica ampla; ser abundante ou de fácil coleta; ter baixa variabilidade genética e ecológica; possuir, preferencialmente, tamanho grande; apresentar baixa mobilidade e longo ciclo de vida; dispor de características ecológicas bem conhecidas; e ter possibilidade de uso em estudos em laboratório.

Desta forma, o monitoramento biológico através da utilização de análises ecotoxicológicas aliada a outros métodos, torna-se um importante instrumento na avaliação da toxicidade conjunta dos constituintes de um efluente aos organismos aquáticos, ou seja, avalia o efluente como um todo (BERTOLETTI *et al.*,1992).

A ecotoxicologia aquática é definida como o estudo qualitativo e quantitativo dos efeitos adversos (toxicidade) de elementos químicos e outros materiais antropogênicos danosos à vida aquática (RAND & PETROCELLI, 1985).

Segundo Arezon, além das avaliações de efluentes industriais, os ensaios de toxicidade têm assumido um papel fundamental nas avaliações dos efeitos de substâncias químicas específicas, amostras de água e sedimentos sobre os organismos aquáticos, Arenzon verificou que os ensaios de toxicidade com organismos aquáticos também podem ser aplicados no monitoramento de águas subterrâneas (ARENZON 2004).

Os ensaios de toxicidade constituem uma forma de biomonitoramento ativo, pois neles são utilizados organismos-teste, definidos por RAYA-RODRIGUEZ (2000) como indivíduos padronizados e cultivados em laboratório, que podem fornecer indicações sobre as condições de um ecossistema frente à presença de impacto ambiental. Sua utilização fundamenta-se na exposição dos organismos-teste, representativos do ambiente aquático, a várias concentrações de uma ou mais substâncias, ou fatores ambientais, durante um determinado período de tempo (GHERARDI-GOLDSTEIN *et al.*, 1990).

Segundo ZAGATTO (2006), embora detalhes específicos dos ensaios de toxicidade com diferentes espécies de organismos possam diferir entre si, o princípio básico para todos é semelhante e requer condições ambientais específicas, como pH, temperatura, oxigênio dissolvido, dureza da água, fotoperíodo, duração do teste, etc. Nesses ensaios, os organismos-teste (peixes, microcrustáceos, algas, dentre outros) são expostos a várias concentrações da amostra a ser testada (substância química, efluente, extratos aquosos) em soluções contidas nos frascos-teste (por exemplo, cubas de vidro, aquários, tubos de ensaio, béqueres, etc.), por determinado período de tempo. Em todos os ensaios são utilizados frascos-controle (somente com água de diluição), nos quais se avalia a viabilidade do lote de organismos expostos.

ZAGATTO (2006), ainda menciona que, após o período de teste verifica(m)-se o(s) efeito(s) da amostra sobre alguns parâmetros biológicos, como mortalidade, crescimento, reprodução, comportamento dos organismos, dentre outros.

Os efeitos observados são analisados estatisticamente e os resultados são expressos em unidades numéricas, tais como CL50, CE50 e CENO, as quais correspondem a efeitos de letalidade, letalidade/imobilidade e concentração de efeito não

observado, respectivamente. Para a avaliação de uma resposta severa e rápida dos organismos aquáticos, em geral, num intervalo de 0 a 96 horas, é realizado o ensaio de toxicidade aguda. O efeito observado é a mortalidade ou a imobilidade. Através do ensaio, é determinada a concentração efetiva (CE50) que causa a morte ou imobilidade a 50% dos organismos-teste. Quando se deseja avaliar os efeitos sobre funções biológicas, tais como reprodução e crescimento, utilizam-se ensaios de toxicidade crônica, nos quais é determinada a maior concentração do agente tóxico que não causa efeito deletério estatisticamente significativo aos organismos (CENO) ou a menor concentração que causa efeito deletério estatisticamente significativo aos organismos (CEO), ZAGATTO (2006).

A toxicidade crônica se traduz pela resposta a um estímulo contínuo, podendo abranger parte ou todo o ciclo de vida dos organismos, como no caso da emissão de efluentes (RAND & PETROCELLI, 1985). A observação diária da mortalidade ocorrida no ensaio crônico, também permite calcular a toxicidade aguda. Para estimar com maior segurança o impacto de um efluente, é importante que os ensaios sejam realizados com organismos representantes de diferentes níveis tróficos do ambiente aquático, a exemplo dos exemplares mostrados abaixo (Figuras 5 a 7). Desta forma, as diferenças na sensibilidade dos organismos às diversas substâncias presentes em uma amostra de efluente são consideradas,(ZAGATTO ,2006).



Figura 5- Exemplar de *Ceriodaphnia dubia*

Fonte:Zagatto e Eduardo Bertoletti;Ecotoxicologia Aquática

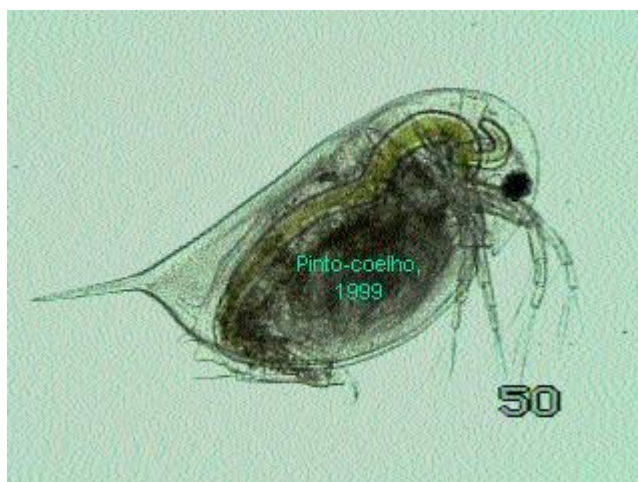


Figura 6- Exemplar de *Daphnia laevis*(Pinto Coelho,1999)

fonte: ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho

Nos ensaios ecotoxicológicos as amostras do sedimento e água são coletadas utilizando-se potes plásticos e mantendo-se estas amostras sob baixa temperatura (4°C). A realização dos testes de toxicidade não deve ultrapassar o tempo máximo de 6 semanas após a coleta do material (Burton, 1992).

A caracterização física e química dos locais estudados, deve ser feita através de medidas de algumas variáveis ambientais incluindo temperatura da água, pH, condutividade, oxigênio dissolvido. O material em suspensão é determinado segundo a metodologia descrita em Tundisi & Teixeira (1965), modificada por Wetzel & Likens (1991) e os metais foram determinados de acordo com a metodologia descrita no Standard Methods (1995).

Os testes de toxicidade aguda e crônica com amostras de água e sedimento são feitos com base nas normas da ABNT(1993 a) e USEPA (1994).

8-Toxicidade aguda

O ensaio de toxicidade aguda pode ser definido como aquele que avalia os efeitos, em geral severos e rápidos, sofridos pelos organismos expostos ao agente químico, em um curto período de tempo, geralmente de um a quatro dias. Devido à facilidade de execução, curta duração e baixo custo, os ensaios de toxicidade aguda foram os primeiros a serem desenvolvidos e, portanto, constituem a base de dados ecotoxicológicos (BIRGE *et al.*, 1985).

Nos ensaios de toxicidade aguda usualmente os critérios de avaliação são a mortalidade e a imobilidade dos organismos-teste. Em geral, observam, se há mortalidade para peixes e imobilidade para invertebrados. Esses critérios são utilizados porque são facilmente determinados e têm significado biológico e ecológico para o ambiente (VANLEEUEWEN, 1988a).

9-Toxicidade crônica

No ambiente aquático, devido a fatores de diluição, em geral, os organismos estão expostos a níveis subletais dos poluentes, a menos que estejam em local cujas concentrações de contaminantes possam causar efeitos agudos. Esta exposição dos organismos ao agente químico, em níveis subletais, pode não levar à morte do organismo, mas pode causar distúrbios fisiológicos e/ou comportamentais a longo prazo. Esses efeitos não são detectados em testes de toxicidade aguda, sendo necessário o uso do teste de toxicidade crônica, o qual permite avaliar os efeitos adversos mais sutis aos organismos expostos (ZAGATTO, 2006).

Basicamente, os ensaios de toxicidade crônica apresentam-se sob três variações: testes com todo o ciclo de vida de uma espécie; testes com parte do ciclo de vida de uma espécie, no qual geralmente se utilizam os estágios de vida mais sensíveis ou críticos; e testes funcionais, nos quais são feitas medidas dos efeitos de substâncias sobre várias funções fisiológicas dos organismos (VANLEEUEWEN, 1988b).

Conforme descrito por Zagatto e Bertoletti (2006) nos testes com ciclo de vida completo, os organismos-teste são expostos a diversas concentrações da substância-

teste. Os testes se iniciam com ovos e continuam até a reprodução desses organismos, podendo ser feitos por várias gerações, se desejado. Determina-se assim a faixa de concentrações da substância que causa efeitos adversos significativos na sobrevivência, crescimento e reprodução comparados ao controle. Apesar de fornecerem informações mais precisas sobre a toxicidade das substâncias, esses testes são caros e têm longa duração; por exemplo, com algumas espécies de peixes esses testes podem durar até 30 meses e para invertebrados, de 3 semanas a 5 meses (COONEY, 1995).

Segundo McKim (1977), os testes com parte do ciclo de vida do organismo utilizam em geral as fases de vida mais sensíveis do organismo, que, normalmente, são as fases iniciais do seu desenvolvimento (McKim 1977).

Zagatto(2006) relata que o termo crônico refere-se ao período de duração do teste, sendo definido como uma exposição de mais do que 10% da duração da vida do organismo, pois uma substância pode se acumular no organismo, causando efeitos que não são vistos em exposições mais curtas. Por exemplo, um teste de 7 dias com *Ceriodaphnia dubia* é sensível e satisfaz a exigência de exposição a todos os estágios de vida desse organismo (embrião a embrião). Já um teste de 7 dias com peixes, que representa menos de 1% da vida, não seria, teoricamente, um teste crônico, mas pode avaliar efeitos crônicos porque utiliza a fase mais sensível de todo o ciclo de vida do organismo (COONEY, 1995).

Zagatto(2006) menciona que os testes funcionais baseiam-se no fato de peixes e outros organismos responderem fisiológica e comportamentalmente à exposição de concentrações subletais da substância tóxica. As respostas medidas nos organismos são: bioquímica do sangue, efeitos histológicos, performance de natação, respiração, atividade enzimática, percepção sensorial, dentre outras. Efeitos sobre esses parâmetros podem indicar a sensibilidade dos organismos às substâncias tóxicas, porém, sua aplicação em análises de riscos ambientais é limitada, uma vez que muitos desses efeitos podem ser transitórios e desaparecer gradualmente com a recuperação do ambiente.

Os ensaios de toxicidade crônica mais difundidos mundialmente são os testes com *Daphnia*, com duração de 21 dias, e com *Ceriodaphnia*, de 7 dias de duração. Esse último tem sido mais utilizado para avaliação de toxicidade crônica de amostras ambientais (águas e efluentes líquidos), enquanto o teste com *Daphnia* é mais utilizado para avaliação da toxicidade de novas formulações químicas(ZAGATTO,2006).

Existem vários fatores que influenciam a toxicidade. Zagatto (2006) descreve que alguns fatores podem afetar os resultados dos ensaios de toxicidade com organismos aquáticos, dentre eles, os fatores bióticos, que estão relacionados ao estágio de vida, tamanho, idade e estado nutricional dos organismos.

Sabe-se que os organismos jovens são geralmente mais sensíveis às substâncias tóxicas do que os adultos. Por esta razão recomenda-se o uso de organismos em estágios iniciais de vida em testes de toxicidade. Além disso, todos os organismos utilizados em um determinado ensaio devem ter aproximadamente a mesma idade e devem ser provenientes de uma mesma cultura(USEPA, 2002b).

Buikema et al. (1980), em experimentos com *Daphnia*, mencionam que a vantagem de usar organismos nos primeiros estágios de vida refere-se ao fato de que o seu tamanho é menor e a área superficial é maior, logo, a superfície de contato com as substâncias tóxicas no meio aquático também seria maior.

Apesar do desenvolvimento de metodologias de avaliação com diversos organismos, vários autores afirmam que o grupo de macroinvertebrados bentônicos é o mais testado e utilizado (Barbour et al., 1999; Kerans & Karr, 1994; Rosenberg & Resh, 1993). Segundo Plafkin et al. (1989), essas comunidades têm sido amplamente utilizadas por uma série de razões: são ubíquos, podendo responder a perturbações em todos os ambientes aquáticos e em todos os períodos; o grande número de espécies oferece um amplo espectro de respostas; mesmo em rios de pequenas dimensões, a fauna pode ser extremamente rica;a natureza relativamente sedentária de várias espécies permite uma análise espacial eficiente dos efeitos das perturbações;apresenta metodologias de coleta simples e de baixo custo, que não afetam adversamente o ambiente; são relativamente fáceis de identificar segundo as metodologias existentes.

Além disso, Zagatto(2006) menciona que os principais fatores abióticos que podem interferir nos resultados dos ensaios são: pH, oxigênio dissolvido, temperatura e dureza da água, portanto, esses parâmetros devem ser monitorados durante a execução do teste.

O pH, geralmente, é ajustado somente no início do ensaio com substâncias químicas, sendo então monitorado durante o período do mesmo.Alguns poluentes mostram grandes variações na toxicidade em função do pH da água, como, por exemplo, a amônia, o cianeto e o sulfeto de hidrogênio, os quais podem se ionizar devido ao pH.

Usualmente, as formas não dissociadas ou menos dissociadas são as mais tóxicas, sendo que a mudança da toxicidade da substância, em função do pH, pode ser em tomo de uma ordem de grandeza. Para a maioria dos metais, as espécies iônicas livres agem no sentido oposto, isto é, são mais tóxicas do que os compostos não dissociados (Sprague, 1985).

Zagatto(2006) menciona que, com relação à temperatura, o metabolismo energético dos organismos aumenta ou diminui em função da temperatura da água. A taxa metabólica pode duplicar para cada 10°C de aumento de temperatura da água. A elevação da temperatura pode, também, aumentar a solubilidade de muitas substâncias e influenciar na estrutura química de algumas substâncias e na quantidade de oxigênio dissolvido na água. Seria possível assumir que um aumento na temperatura da água resultaria em maior toxicidade de determinadas substâncias em dada concentração na água.

O oxigênio dissolvido também pode influenciar a toxicidade de algumas substâncias. Lloyd (1961) demonstrou que a toxicidade aguda de zinco, cobre, chumbo e fenóis aumentou significativamente em águas com baixa concentração de O₂. Poucos estudos mencionam que a hipóxia tem efeito relativamente pequeno sobre a toxicidade de contaminantes para peixes (Rattner & Heath, 1995).

A dureza da água (concentração de cátions dissolvidos, como cálcio e magnésio) também pode afetar a toxicidade de vários poluentes, especialmente metais. Geralmente, metais são menos tóxicos em águas mais duras, desde que o pH seja mantido constante. O efeito varia em função do tipo de metal e da água. O cádmio se precipita em água dura, reduzindo significativamente sua toxicidade. O cobre, o zinco e o níquel são intermediários em sua interação com a dureza. A dureza tem pouco efeito sobre a toxicidade de compostos orgânicos (Rattner & Heath, *op.cit*).

Portanto, em estudos ecotoxicológicos com vistas à proteção de organismos aquáticos, assim como para estabelecer critérios de qualidade de água, há a necessidade de levar em consideração a dureza da água utilizada nos ensaios, que é um dos principais fatores que contribuem para a alteração da toxicidade de agentes químicos, especialmente metais (USEPA, 1986).

10- Gerenciamento e estudos ecotoxicológicos: Constatações locais

Através do estudo " Estudos Ecotoxicológicos de qualidade da água e sedimentos da região de Barão de Cocais e de Santa Bárbara, Rio São João e Rio Conceição" (GUIMARAES & RIETZLER, dados em preparação), foram realizados testes ecotoxicológicos em 2 períodos (seco e chuvoso) no ano de 2003, entre fevereiro e novembro, em cinco estações de amostragem no rio São João e Conceição, tendo como pontos de amostragem os efluentes da CVRD, Mineradora Córrego do Sítio, Gerdau (siderúrgica), Mineradora São Bento, ressaltando que em alguns dos pontos existem lançamentos de rede de esgoto urbano, sendo assim os pontos amostrados são classificados como classe 1 e classe 2.

As amostras do sedimento e água foram coletadas utilizando-se potes plásticos e mantendo-se estas amostras sob baixa temperatura (4°C). A realização dos testes de toxicidade não ultrapassou o tempo máximo de 6 semanas após a coleta do material (BURTON, 1992).

Os organismos-teste selecionados foram os cladóceros *Daphnia* spp e *Ceriodaphnia* spp (Figuras 5 e 6) e o macroinvertebrado bentônico *Chironomus xanthus*, cujos exemplares foram obtidos em culturas mantidas no Laboratório de Ecotoxicologia/ Departamento de Biologia Geral, da Universidade de Minas Gerais, UFMG.

A caracterização física e química dos locais estudados, foi feita através de medidas de algumas variáveis incluindo temperatura da água, pH, condutividade e oxigênio dissolvido, as quais foram feitas diretamente no campo utilizando um multisensor de qualidade de água. No laboratório, o material em suspensão foi determinado segundo a metodologia descrita em Tundisi & Teixeira (1965), modificada por Wetzel & Likens (1991) e os metais foram determinados de acordo com a metodologia descrita no Standard Methods (1995).

Os testes de toxicidade aguda e crônica com amostras de água e sedimento foram feitos com base nas normas da ABNT (1993 a) e USEPA (1994). Os testes de toxicidade aguda durante o estudo apresentaram efeito de toxicidade à no *Chironomus* spp ponto P5

(Figura 9). Por outro lado, não se verificou efeito de toxicidade crônica à *Ceriodaphnia spp.* Os testes realizados com amostras de sedimento mostraram efeito de toxicidade aguda a *Chironomus xanthus*, indicando que as condições do P5, P3 e P2 não estão satisfatórias (Figura 9).

Os testes de toxicidade aguda mostraram efeito de toxicidade à *Daphnia spp* nos pontos P1, P4 e P5(figura 09). Entretanto, nos testes de toxicidade crônica com água e sedimento realizados com *C. dubia*, verificou-se diferenças significativas quanto à reprodução nos pontos P 1, 2,3 e 4, e à *C. silvestrii*, nos pontos P5 e P2, indicando que as condições de alguns dos locais de amostragem, não estão satisfatórias (Figuras 7 e8).

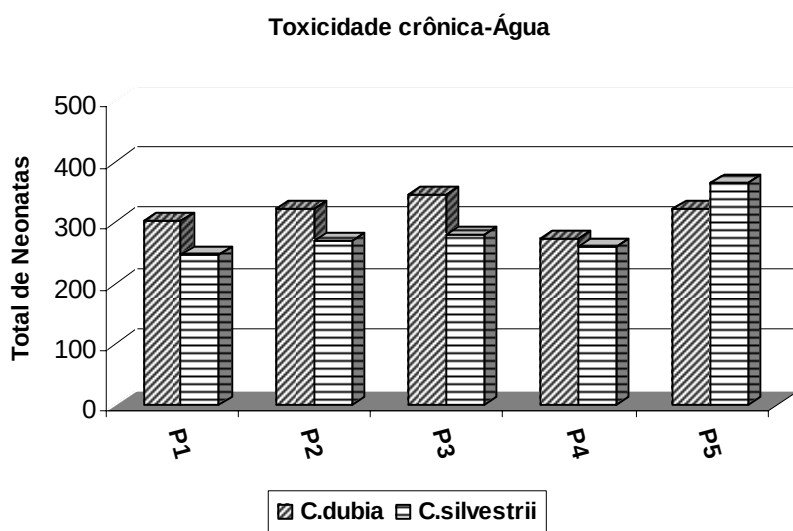


Figura 7. Total de neonatas em testes de toxicidade crônica em água durante o projeto.

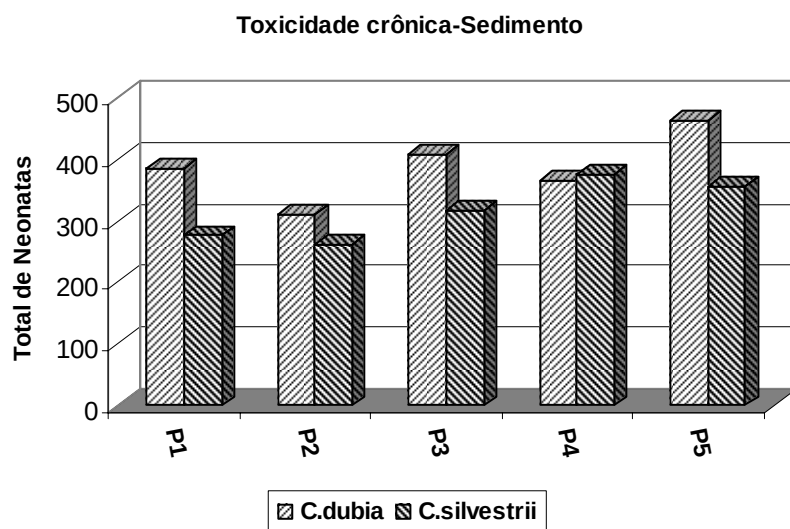


Figura 8. Total de neonatas em testes de toxicidade crônica com sedimento durante o projeto.

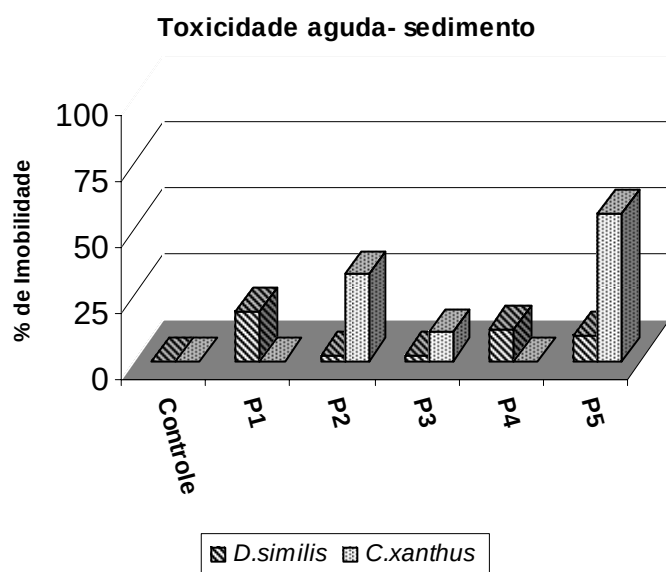


Figura 9: Resultado dos testes em sedimento de toxicidade aguda a *Daphnia similis* e *Chironomus xanthus*

No presente estudo, os pontos 2 e 5 chamaram a atenção para os altos valores de condutividade elétrica em todos os períodos amostrados (118,0 a 146,7 e 278 a 311 $\mu\text{s.cm}^{-1}$, respectivamente). Esta alta condutividade pode estar relacionada ao lançamento de efluentes industriais e municipais, uma vez que estes pontos recebem os efluentes de grandes siderúrgicas da região (Gerdau- P5 e CVRD - P2) e efluentes municipais da

cidade de Barão de Cocais (somente no ponto 5). Outra observação feita com relação ao ponto 5 foi com relação ao alto nível de degradação, em que a água possui um odor muito forte, apresenta coloração negra e graxas e ainda lixo que vem sendo carreado de outras partes do rio, provenientes da alta carga de esgoto urbano que é despejada naquele local. Além disso, um efeito observado nos testes com água (agudo e crônico) foi que vários dos organismos, quando submetidos a amostras do ponto 5, boiavam como se estivessem com ar na carapaça, provavelmente em resposta aos contaminantes encontrados neste ponto.

Em geral, os valores de pH da água mantiveram-se equilibrados durante todos os períodos amostrados, mas, os pontos 2 e 5 foram os que apresentaram maior elevação de pH durante as amostragens e testes. Organismos heterotróficos podem exercer influência significativa no pH, através da liberação de CO₂ em processos de decomposição e respiração que resulta na formação de ácido carbônico e íons hidrogênio, diminuindo o pH da água. Um outro fator que pode elevar o pH em águas naturais é o aporte de efluentes industriais (ESTEVES, 1988). Por outro lado, as porcentagens de matéria orgânica (MO) no sedimento foram maiores que as de material inorgânico em todos os pontos de coleta, em ambos os períodos de amostragem.

BRAYNER (1998), considera que um dos aspectos mais graves da contaminação por metais é sua amplificação biológica nas cadeias tróficas. Como consequência desse processo, os níveis de metais em níveis superiores da cadeia, podem alcançar valores muito acima aos encontrados na água.

A concentração de cada metal é bastante variável e depende das características de cada elemento, de sua disponibilidade para incorporação biológica, de sua concentração e forma química, bem como de sua essencialidade em processos metabólicos ao longo da vida do organismo (Rezende & Lacerda, 1996; Chapman *et al.*, 1996).

Segundo Rose *et al.* (1997, *apud Piratoba, 1997*), o zinco é considerado um elemento de mobilidade moderada, limitada por ser absorvido pelos óxidos de ferro e manganês e pela matéria orgânica. Em concentrações excessivas no solo, o metal zinco pode ser assimilado pelas plantas, produzindo efeitos nocivos às mesmas e também a dieta humana (Muniz *et al.*, 1986).

Segundo Siqueira & Braga (2000), o chumbo é um elemento conhecido desde a antiguidade, pois sua baixa temperatura de fusão e a facilidade relativa de encontrar os minérios permitiram seu uso desde cedo pela humanidade e pode ser encontrado em condições naturais na natureza.

De acordo com Ribeiro (1979), Moore & Ramamoorth (1984) e Lee (1996), o chumbo poluente existe sob duas formas: a orgânica e a inorgânica; a primeira é proveniente principalmente dos aditivos antidetonantes (chumbo-tetraetil e tetrametil), usado na gasolina e em outros combustíveis derivados do petróleo. A segunda fonte provém do chumbo obtido nos processos de mineração e de industrialização. Segundo Moore & Ramamoorth (1984), a concentração de chumbo é controlada pelo aumento da capacidade de chumbo pela argila em consequência do aumento do pH. Para Eysink et al.(1988), o metal chumbo não possui efeitos benéficos ou nutritivos; esse metal tende a se acumular nos tecidos do homem e outros animais, e sua absorção pelo organismo humano ocorre por meio da digestão, variando consideravelmente com a idade.

O zinco e chumbo encontrados (Figura 4) podem causar sérios danos à saúde quando encontrados em quantidades acima do permitido pela legislação, sendo tóxicos a diversos animais de níveis tróficos diferentes.

Substâncias tóxicas	C. max. (mg.L ⁻¹)	Concentração (mg.L ⁻¹) encontrada									
		P1 s	P1 *	P2 s	P2 *	P3 s	P3 *	P4 s	P4 *	P5 s	P5 *
Cádmio	0,01	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,010	<0,01	<0,010	<0,01	<0,010	<0,01
Chumbo	0,03	0,075	<0,03	<0,01	<0,03	<0,010	<0,03	0,013	<0,03	0,014	<0,03
Cobre	0,02	<0,10	<0,02	<0,10	<0,02	<0,10	<0,02	<0,10	<0,02	0,26	<0,02
Cromo total*	0,05	<0,010	<0,05	<0,010	<0,05	<0,010	<0,05	<0,010	<0,05	<0,010	<0,05
Níquel	0,025	0,014	<0,02	<0,010	<0,02	<0,010	<0,02	<0,010	<0,02	0,013	<0,02
Zinco	0,18	0,44	<0,018	<0,10	<0,018	<0,10	<0,018	<0,10	<0,018	0,46	<0,018

Tabela 2- Teores máximos de alguns metais potencialmente prejudiciais em águas naturais (Classe 2) e teores encontrados nos pontos amostrados. Fonte-CONAMA 20, 1986

*Portaria/GM/Nº 0013.

Obs.: onde lê-se * : período chuvoso

s: período seco

11- DISCUSSÃO

A ineficácia crescente do Estado implicou a necessidade de reformá-lo e reconstruí-lo. É sabido que sem a presença do Estado não será possível combater a injustiça social e o subdesenvolvimento. A regulação e a intervenção continuam cruciais na educação, na saúde, na cultura, no desenvolvimento técnico e nos investimentos em infra-estrutura. Entretanto, o sucesso dessa intervenção depende da transformação do Estado e de suas organizações, e da adoção de novos modelos descentralizados de ação, que requerem cada vez mais a participação da sociedade (PIMENTA, 1995).

Segundo Sarmento, estamos, de certa forma, vivenciando uma situação de “amadurecimento das políticas ambientais”. Em vários países, os órgãos ambientais estão substituindo sua ação puramente controladora, setorial, burocrático-cartorial e centralizadora, por uma ação gerenciadora dos recursos hídricos e ambientais, de caráter integrado, participativo, descentralizado e financeiramente sustentado (SARMENTO, 1996: 1).

Além do desperdício e da degradação ambiental, a falta de preocupação tanto com a elaboração de um planejamento integrado, capaz de dar conta dos usos múltiplos da água, antes da execução de projetos desenvolvimentistas, como com a implantação de ferramentas de monitoramento ou acompanhamento permanente da situação ambiental, também contribui para o agravamento da escassez de água no país. Incentiva-se a ampliação da indústria sem a prévia verificação sobre se há, na região, água suficiente para abastecer o aumento populacional correspondente. Cadeias de captação para tratamento químico são criadas sem que sejam analisadas em profundidade suas conseqüências; o uso da irrigação é estimulado sem estudo prévio cuidadoso (GRAZIANO, 1997).

As preocupações suscitadas com a realidade dos recursos hídricos, isto é, as águas destinadas a usos, têm induzido, em todo o mundo, a uma série de medidas governamentais e sociais, objetivando viabilizar a continuidade das diversas atividades públicas e privadas que têm como foco as águas doces, em particular, aquelas que incidem diretamente sobre a qualidade de vida da população (MACHADO, 2001).

Além disso, diagnósticos sobre o modo de apropriação e os tipos de relações mantidas pelos atores da dinâmica territorial com os recursos naturais conduziram, sobretudo ao longo das últimas quatro décadas, a um processo de revisão das atribuições

do Estado, do papel dos usuários e do próprio uso da água. As idéias de descentralização e de participação adquiriram, então, um novo sentido na arena político-administrativa brasileira, transformando-se em importantes questões para os governos que têm sustentado o ponto de vista hegemônico sobre a modernização do Estado. Os processos de mudanças institucionais e sociais introduzidos através de políticas governamentais ocorrem, contudo, de forma extremamente variada, e embora reflitam preocupações globais com forte penetração nas sociedades, são localmente apropriados e recriados com nuances infindáveis (cf. MACHADO, 2002).

Segundo os estudos mencionados, a região de Barão de Cocais e Santa Bárbara apresenta riquezas em fauna e flora e ainda pode contar com corpos hídricos em seu estado natural. É necessário o envolvimento de comunidade, poder público, empresas e principalmente os pequenos garimpeiros na recuperação dos nossos corpos hídricos visto que inúmeras nascentes estão sendo contaminadas e caso perdure o fato, poderemos em pouco tempo estar com nossas fontes de água potável comprometida. Inúmeras empresas vêm tentando junto às comunidades, e a sociedade em geral desenvolver trabalhos de conscientização, mas, torna-se necessário um monitoramento constante e amplo, a fim de detectar e solucionar os problemas existentes, ou seja, estamos necessitando de ações mais concretas e preventivas (talvez já corretivas), no intuito de salvar o que resta de nossos corpos hídricos em estado natural e recuperar os degradados.

De acordo com TUNDISI ET AL(1999), o aumento de atividades agrícolas e industriais, o uso e despejo intensivos dos agrotóxicos e substâncias tóxicas em geral, nos ecossistemas aquáticos tem levado à contaminação dos sedimentos de rios, represas e lagoas.

Cássio Andrade (2003) em seus testes de toxicidade aguda à *C. xanthus* e crônica à *C. silvestrii* com amostras de sedimento coletadas em setembro/2001, verificou efeito de toxicidade, com 83% de mortalidade e baixíssima reprodução dos organismos no rio Doce/Cenibra. Este ponto recebe grande quantidade de efluentes lançados pela indústria de papel e celulose Cenibra. Nesta região da Bacia do rio Doce, enormes áreas foram ocupadas por uma silvicultura intensiva em regime de curta rotação (sete anos), sem que houvesse a menor preocupação com possíveis impactos ambientais e sociais ou com a preservação dos ecossistemas locais (GUERRA, 1995).

Após o primeiro corte da floresta plantada, os solos ficam desprotegidos ocorrendo aumento de sua temperatura e maior impacto das gotas das chuvas sobre suas partículas, o escoamento superficial aumenta e com ele o perigo de erosão, há maior compactação dos solos, e com isso a infiltração das águas que alimentam lençóis subterrâneos diminui. Inevitavelmente, há aumento do assoreamento dos corpos d'água, e a esses impactos negativos devem-se somar as enormes cargas de resíduos de fertilizantes e agrotóxicos utilizados, que na maioria das vezes são carregados para córregos e ribeirões mais próximos, comprometendo a qualidade das águas que servem à população, pelo efeito conjugado do assoreamento, da concentração de sólidos em suspensão, nitratos, além da presença de metais pesados, agrotóxicos (especialmente herbicidas, inseticidas e formicidas) (De PAULA, 1997).

O ecossistema florestal renovável de eucaliptos é bastante frágil, necessitando suplementação periódica de fertilizantes para manter altos níveis de produtividade (200 Kg de fertilizantes para cada hectare de eucalipto plantado). Estando situado em uma região de topografia acidentada, parte significativa desses fertilizantes não é absorvida pelas plantas, sendo carregada pelas enxurradas para os corpos d'água mais próximos (SABARÁ, 1994).

Outra atividade impactante na região do médio rio Doce é a mineração, que nas etapas de lavra e beneficiamento do minério lançam rejeitos (efluentes) líquidos e sólidos nos Sistemas aquáticos (óleos, amônia, graxas, arsênico, cálcio, cianeto, mercúrio, nitrato, partículas de ferro, manganês e zinco, entre outras); comprometendo as nascentes e mananciais que servem de fonte de abastecimento de água potável para a população da região (DE PAULA, 1997).

O setor siderúrgico também é responsável pelo impacto ambiental na região. Segundo levantamentos feitos pelos órgãos ambientais FEAMICOPAM, até 1985, as principais empresas da bacia praticamente não eram monitoradas quanto a seu impacto sobre os recursos hídricos (BRAGA, 1995). Segundo a USEPA (1995), no caso específico da poluição hídrica, o setor de metais primários é responsável pela emissão de 31,19% (em termos de peso) dos compostos metálicos lançados na água por indústrias americanas e por 3,69% de todos os poluentes cancerígenos lançados na água. Em síntese, o setor siderúrgico é um grande poluidor e intensivo utilizador de recursos naturais (TORRES, 1992).

Por outro lado, ESPÍNDOLA et al. (1998), ao avaliarem a qualidade ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana-SP), verificaram efeito de toxicidade aguda à *Daphnia simi/is* em amostras de sedimento de locais que não apresentavam as maiores concentrações de metais totais. Segundo os autores, os testes de toxicidade refletem o efeito sinérgico de todos os poluentes (substâncias) geradas no sistema, mostrando que características químicas isoladas podem não garantir a preservação e a manutenção da biota aquática uma vez que os processos e mecanismos de funcionamento do sistema são diferenciados na escala temporal e espacial.

Um poluente raramente está sozinho e sua toxicidade pode ser modificada pela presença simultânea de outros poluentes. Estudos demonstram que alguns pesticidas interagem sinergicamente e muitas dessas interações parecem refletir sua toxicidade. Além disso quando um organismo é exposto a um conjunto de substâncias, podem ocorrer combinações das mesmas e essas combinações podem ser de três tipos: antagônica, sinérgica ou aditiva, dependendo da substância e das características do ambiente. (PASCOE & EDWARDS, 1989, FONSECA, 1997).

Através dos estudos de Cássio Andrade (2003) na região do Rio Doce e realizando uma comparação aos dados preliminares do projeto realizado, percebemos a necessidade de uma continuidade do monitoramento e percebemos que o mesmo deve ser uma prática pelo poder público para que se possa trabalhar sempre de forma preventiva na bacia.

A participação efetiva e material da sociedade também deve ser garantida através de outros mecanismos, que valorizem as histórias particulares de cada localidade e as diversas contribuições das populações envolvidas, incorporando-as aos planos de recursos hídricos e ao enquadramento dos cursos de água. Não se trata apenas de apresentar à população um plano diretor de bacia, elaborado no espaço de trabalho fechado do corpo técnico-científico do poder público, objetivando validá-lo, mas de garantir a efetiva participação da população local na consolidação e materialização de um pacto através da prática política da gestão colegiada e integrada com negociação sociotécnica. A base empírica do conhecimento local da população sobre os corpos d'água de uma bacia hidrográfica deve ser valorizada, pois possui um valor socioambiental inigualável. Além disso, os cursos d'água fazem parte da história do indivíduo, da família e da comunidade que integram essa população, ganhando sentidos

simbólicos que ocupam uma parte importante de seu patrimônio cultural(Carlos José S. Machado,2003).

12- CONCLUSÕES

A análise realizada permite concluir que necessitamos aliar vários métodos na realização de estudos e gerenciamento dos recursos hídricos e que a ecotoxicologia é uma ferramenta auxiliar de extrema importância, visto que fornece uma gama de respostas. O conhecimento da toxicidade desses agentes a diferentes organismos aquáticos possibilita, além do estabelecimento de limites permissíveis de várias substâncias químicas para a proteção da vida aquática, avaliar o impacto momentâneo que estes poluentes causam á biota dos corpos hídricos(Márcia Aragão,2006)

Segundo Bertolletti e Zagato(2006) O uso de análises ecotoxicológicas , ao longo do tempo, tem se mostrado como instrumento importante no gerenciamento ambiental(Zagatto,2006).

A ecotoxicologia é uma ferramenta que pode auxiliar em tomadas de decisões de maneira segura e confiável. Necessitamos tornar os testes ecotoxicológicos mais compatíveis com a realidade do ambiente em que nos encontramos e adotar como padrões as condições locais, não utilizando aqui, padronizações internacionais que não conicidam com a nossa realidade, precisamos também de mais investimentos em pesquisas para o desenvolvimento de novas metodologias ou mesmo o aprimoramento das já existentes.

Embora as pesquisas que visam a diagnosticar e tratar ambientes aquáticos degradados tenham aumentado muito nas últimas décadas, inexistem soluções mágicas e/ou instantâneas que possam resolver a problemática da degradação ambiental.Necessitamos que a efetivação de tomadas de decisões visando “o todo” de uma bacia hidrográfica se concretize, sendo assim poderemos gerenciar de forma completa nossos recursos hídricos..

O desenvolvimento de uma consciência ambientalista, muito mais do que medidas punitivas, ainda é o meio mais eficaz de evitar a concretização da grande crise da água, prevista para um futuro bem próximo, precisamos disseminar a idéia da importância dos nossos recursos hídricos, visto que por muito tempo perdurou-se a visão que de este era um recurso “imutável” e que sua qualidade não se alteraria.

A sociedade e o poder público precisam de uma maior integração e articulação no gerenciamento de recursos hídricos e, principalmente a nível municipal, nas regiões onde o estudo preliminar foi realizado, deve-se implantar uma política de educação ambiental mais participativa e o biomonitoramento deve ser uma constante, face a realidade da cidade de Barão de Cocais, que conta com várias mineradoras, siderurgicas etc, e não possui um sistema periódico de biomonitoramento municipal, como visto no presente trabalho, existem mecanismos e ferramentas, como a ecotoxicologia, por exemplo, que podem auxiliar de forma significativa neste monitoramento.

13-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os novos paradigmas de democratização da gestão dos recursos hídricos ainda estão em seu estágio preliminar de implantação, mas surgem como promessa de modernização e racionalização não somente das relações entre sociedade e natureza, mas da sociedade consigo própria. Com certeza o desenvolvimento do modelo de gestão e dos princípios democráticos carecerão de mais experiências e estudos, principalmente comparativos. Não obstante, “parece inevitável que, se a sociedade está habilitada a resolver seus problemas de desenvolvimento sustentável, este paradigma oferece uma ferramenta que ajuda a melhorar o gerenciamento da água em meio a complexidades e conflitos do mundo de hoje” (GRIGG, 1998: 12).

As gerações atuais precisam de uma nova cultura em relação ao uso da água, pois, além da garantia de seu próprio bem-estar e sobrevivência, devem cultivar a preocupação com as próximas gerações e com a natureza, as quais, por certo, também têm direito a esse legado.

A bacia do Rio Doce é de extrema importância para o Estado, sendo denominada muitas vezes como a “caixa d’água” do país, a região necessita de políticas de gerenciamento que possibilitem a recuperação e preservação de seus recursos hídricos.

Após a pesquisa bibliográfica, visitas técnicas, participação em eventos que discutiram a utilização da água, aulas, e o maior envolvimento com a questão dos recursos hídricos, acredito que há progressos no sentido de se preservar os recursos naturais, apesar de haver muito por se fazer. Na área da bacia hidrográfica do Rio São João, além dos fatores que já estão sendo considerados, devem ser implantadas políticas mais transparentes para os usuários, que devem ser motivados e envolvidos na questão

para que todo o planejamento elaborado ocorra na prática, o rio São João é testemunho vivo da cultura da sociedade que vive em seu entorno, a cidade e as empresas cresceram ao seu redor, o que torna este rio significativo não só pelo aspecto da biodiversidade, abastecimento e conservação, mas, também como formas de lazer e resgate da cultura, cidadania e memória de seu povo, fazendo-se assim necessário um trabalho de biomonitoramento dos seus recursos hídricos de forma a minimizar e os impactos sofridos e garantir uma vida saudável em longo prazo.

12- Referências Bibliográficas

- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993a). Água-Ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus, 1876 (Cladocera, Crustacea) Rio de Janeiro. NBR12713.
- AGENDA 21 BRASILEIRA – Bases para Discussão. Comissão MMA/PNUD. Brasília, 2000.
- Aguiar, R. A. R. de. *Direito do meio ambiente e participação popular*. Brasília: Ibama, 1996.
- Almeida, C. A. et al. Caracterização Limnológica da Represa do Lobo e seus Tributários. Trabalho apresentado como parte da disciplina Ecologia teórica. CHREA/USP(2000) São Carlos S P.
- Andrade, Cássio Arlison de. Estudo Ecotoxicológico no trecho médio da Bacia do Rio Doce-MG, São Carlos, 2003.
- BARTH, F. T. Modelos para gerenciamento de recursos hídricos Modelos para gerenciamento de recursos hídricos Modelos para gerenciamento de recursos hídricos Modelos para gerenciamento de recursos hídricos Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo, Nobel/ABRH, 1987.
- BECK, U. Risk society: toward a new modernity Risk society: toward a new modernity Risk society: toward a new modernity Risk society: toward a new modernity Risk society: toward a new modernity . London, Sage Publications, 1992.
- BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Coleção “Leis do Brasil” CLBR 1934.
- BRASIL. Decreto nº 3.692, de 19 de dezembro de 2000. Publicado no DOU de 20 de dezembro de 2000.

- BRASIL. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DO SERVIÇO PÚBLICO (DASP). Ministério Da Saúde. Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Relatório Técnico sobre a Nova Capital da República. 2 ed, Rio de Janeiro, 1956.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Publicado no DOU de 09 de janeiro de 1997. Decreto 2.612 (regulamentação).
- BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1988. Publicado no DOU de 13 de fevereiro de 1988.
- BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Publicado no DOU de 18 de julho de 2000. Decreto 3.962/2000 e Decreto 4.024/2001 (regulamentação).
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 20. 18 de junho de 1986.
- BRITO, F. S. Obras Completas Obras Completas Obras Completas Obras Completas Obras Completas (volumes III e XVII). Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1943/44.
- BUTTEL, F. H. "Social institutions and environmental change." In: REDCLIFT, M.& WOODGATE, G. (edits). The International Handbook of Environmental
- CETESB-CONPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (1999). Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos. Vol I, II, -São Paulo.
- COIMBRA, Maria Cristina Maranhão. Água: Conceitos Básicos e Técnicas de Potabilização. Brasília: CAESB, 2001.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente (1996). Resolução n 020/1986, Brasil.
- DINIZ, Maria Helena. Compêndio de Introdução à Ciência do Direito. São Paulo: Saraiva, 1995.
- Espíndola, E.L.G. *et al* . Ecotoxicologia, Perspectivas para o século XXI.SÃO CARLOS, RiMa,2000.
- Esteves, F. A. 1988. Fundamentos da Limnologia. Interciencia/FINEP,Rio de Janeiro.
- Eysink, G.G.J.; DE Pádua, H.B.;Piva-Bertoletti, S.^ªE.; Martins, M.C.; Pereira, D.N.; Roberto, S..(1988).
- FONSECA, A.L.(1991). A biologia das espécies *Daphnia laevis*, *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustacea, Cladocera) e *Poecilia reticulata* (Pisces, Poeciliidae) e o comportamento destes em testes de toxicidade aquática com efluentes industriais.São Carlos, Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Frischeisen, L. C. F. *Políticas públicas: a responsabilidade do administrador e o ministério público*. São Paulo: Ed. Max Limonad, 2000.

- GALLO, Z. A proteção das águas, um compromisso do presente com o futuro: o caso da bacia do rio Piracicaba. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas, 1995.
- GIDDENS, As consequências da modernidade . São Paulo, Editora Unesp, 1991.
- GRIGG, N. S. "A new paradigm for water management." Paper apresentado no Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos, Gramado, 5-8 de outubro de 1998.
- GUERRA, C. B. 1993. Impactos ambientais na bacia do Rio Piracicaba. Belo horizonte: F.M.V. Editora Gráfica.
- REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (orgs). Águas doces no Brasil - capital ecológico uso e conservação. São Paulo, Escrituras Editora, 1999.
- KELMAN, J. "Evolution of Brazil's water resources management system." In: CANALI, LANNA, A. E. "Modelo de gerenciamento de águas." Água em revista - Revista Técnica.
- Lee, J.D.1996. Química Inorgânica Não Concisa. Editora Edgard Blucher LTDA
- Machado, C. J. S. "Cientistas e engenheiros em ação: um perfil da antropologia das ciências e das técnicas de Bruno Latour", tese de mestrado em engenharia da produção, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/Coppe), 1991.
- MARTINS, C. E. "Aspectos políticos da questão dos recursos hídricos." Seminário:
- Moore,j.w.; & Ramamoorth. S.1984. Heavy Metals in Nature Waters. Springer-Verlag.
- Muniz, L.L.F.; Jordão, C.P.; Brume, W.; Pereira,J.L.; Reis,E.L.1996retencao de zinco em solos do vale do aço mineiro, afetado pela remoção de matéria orgânica, oxido de ferro e oxido de manganês. Revista Química nova,19(5):464-468.
- NOAL, Rosa Elena. A cartografia ambiental da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim (RS): uma reflexão metodológica acerca do emprego dos sistemas de informação geográfica. São Paulo: FFLCH/USP, 2001. (Tese de Doutorado).
- OBERDÁ, S. M. 1996. Estudos de metais pesados presentes na bacia do Rio Piracicaba e sugestão biotecnológica de descontaminação. Belo Horizonte, 109p. Dissertação (Mestrado) – UFMG/ICEX/DQ.
- PROJETO RADAMBRASIL. Levantamento dos recursos naturais. V. 33. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguiana e SI 22 Lagoa Mirim. Rio de janeiro: IBGE, 1986.
- RAND,G.M., PETROCELLI, S.R. 1976. Fundamentais of Aquatic Toxicology-Methods and Applications. Hemisphere Publishing Corporation NY USA

- REBOUÇAS, A.C. 1999. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C.;
- BRAGA, R; TUNDISI, J.G., (Eds). Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo, Escrituras. cap.1, p.1-30.
- REYNOLDSON, T.R 1987. Interactions between sediment contaminants and benthic organisms. Ecological effects of in situ sediment contaminants. Hydrobiol. v.149, p.53-66.
- REYNOLDSON, T.R; DAY, K.E. 1993. Freshwater Sediments. In: TUNDISI, J.G.;
- STRASKRABA, M., (Eds). Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. Rio de Janeiro, Brazilian Academy of Science and Backhuys Publishers. P. 439-456.
- REYNOLDSON, T.R & DAY, K.E. 1995. Freshwater sediments. In: CALOW, P. (ed). Handbook of Ecotoxicology. Blackwell Sci. Publ., Oxford, p. 83-100.
- RIETZLER, A.C. 1995. Alimentação, ciclo de vida e análise da coexistência de espécies de Cyclopoida na represa de Barra Bonita, São Paulo. São Carlos. 385 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo.
- RIETZLER, A.C., FONSECA, A.L., LOPES, G.P. 2001. Heavy metals in tributaries of Pampulha reservoir, Minas Gerais. Braz. J. Biol. v. 63, n.3, p. 363-370.
- RODGHER, S. 2001. Estudos Ecotoxicológicos e Limnológicos nos Reservatórios em Cascata do Médio e Baixo Rio Tietê: uma análise espacial e temporal. 213p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo.
- Ribeiro, R.F., 1979. Um estudo sobre os metais pesados nos sedimentos da Baía de Aratu (BA). Dissertação (Mestrado em Geofísica)-Universidade Federal da Bahia. 84p.
- ROCHA, J. S. M. Manejo integrado de Bacias Hidrográficas. Santa Maria: UFSM, 1989.
- ROCHA, J. S. M. Manual de manejo integrado de Bacias Hidrográficas. Santa Maria: UFSM, 1991.
- ROSA, Mário. Geografia de Pelotas. Pelotas: EDUFPEL, 1985.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches & DEL PRETTE, Marcos Estevan. Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento Ambiental. In: Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: N 12, 1998.
- SALAMONI, Giancarla. Produção Familiar Integrada ao CAI Brasileiro: A produção do pêssego no município de Pelotas – RS. Rio Claro: IGCE/UNESP, 1992. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA, Ricardo Satche da. Arroio Santa Bárbara, a morte e o braço morto. Pelotas: UFPEL, 2003. (Monografia de conclusão de Curso).

- SIMON, Adriano Luís Heck. et. al. A Relevância do Diagnóstico Socioambiental nas ações de planejamento ambiental e gestão dos recursos naturais. Uma discussão sobre sua aplicação na Microbacia Hidrográfica do Arroio Santa Bárbara – Município de Pelotas – R.S. Anais do V Simpósio Nacional de Geomorfologia & I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. Santa Maria, 2004, (Meio Digital).
- SIMON, Adriano. Luís. Heck et. al. Impactos ambientais e estado de degradação ambiental do Canal Santa Bárbara, município de Pelotas, RS. Revista Geouerj. Rio de Janeiro: volume especial do X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2003. p. 1240- 1254.
- Siqueira, G.W.; Braga,E.S.;EL ROBRINI, M.; Silva, M.G.L.; Alves,M.A.M.S.(1999). Associação do zinco e cromo com a matéria orgânica em sedimentos lamosos da plataforma continental do amazonas. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA DOS PAISES DE LINGUA PORTUGUESA & VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA. Anais. Porto Seguro, Bahia, Brasil, p185-187.
- Sociology . Cheltenham (RU) Edward Elgar Publishing Ltd, 1997.
- STIPP, Nilza Aparecida Freres (org.). Macrozoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PR). Londrina: EDUEL, 2000.
- TONISSI, F. B. (1999).Avaliação Ecotoxicológica do reservatório de Salto Grande, Americana (SP), como subsidio para a análise da qualidade ambiental.São Carlos, Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos.
- Trist, E. L. e Murray, H., (Ed.). *The social engagement of social science: a Tavistock anthology*, Vol 2: The Socio-Technical Perspective, London: Tavistock, 1993. Universidade de São Paulo, 1989.
- USEPA-UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1994). USEPA76007R-94/024. Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment associated contaminants with freshwater invertebrates. Washington. D.C.,133p.
- ZAGATTO. P. A. e Bertoletti E., Ecotoxicologia aquática-princípios e aplicações, São Carlos,2006.
- ZAGATTO, P.A., GOLDSTEIN, E.G., BERTOLETTI, E., LOMBARDI, C.C., MARTINS, M.H.RB. 1985. Ensaio biológicos com organismos aquáticos: toxicidade de águas e sedimento de rios da região de Cubatão. In: 132 .Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Maceió. Anais, p 1-11.
- ZAGATTO,P.A. 1988. Sensibilidade de *Daphnia similis*: controle de qualidade de cultura.Revista **Ambiental**. V. 2, n.2, p. 79-83.

ZAGATTO, P.A. 1999. Ecotoxicologia aquática. In: Congresso Brasileiro de Limnologia. Florianópolis, 1999. Mini-curso, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. 124p.

_____. "Aspectos institucionais do gerenciamento dos recursos hídricos."

_____. Geografia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 2001.

80 (1934-1984). Tese de doutorado, Faculdade de Economia e Administração.