



A EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA AUXILIAR NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: BIOMONITORAMENTO FITOPLANCTÔNICO PARTICIPATIVO

Liliane Caroline Servat (PG)¹,
Margaret Seghetto Nardelli (PQ)²,
Norma Catarina Bueno (PQ)³

Resumo: O Biomonitoramento de ecossistemas aquáticos consiste na utilização de organismos sensíveis à quaisquer variações ambientais, visando determinar o padrão de qualidade em que o ambiente se encontra. Dentre os organismos mais utilizados, destaca-se a comunidade fitoplanctônica. O biomonitoramento através da comunidade fitoplanctônica apresenta inúmeras vantagens em relação aos métodos convencionais como, por exemplo, baixo custo, alta eficácia e clareza de informações refletindo a qualidade do ecossistema como um todo e não apenas o estado da água. No entanto, esta metodologia ainda é pouco utilizada no Brasil devido à escassez de recursos humanos preparados para a realização deste trabalho, assim como a falta de materiais didáticos e recursos financeiros destinados para este fim. Considerando os fatores que restringem a aplicação desta abordagem, o presente trabalho tem por objetivo divulgar frente à comunidade acadêmica a temática do biomonitoramento fitoplanctônico participativo em que a comunidade informal participa ativamente do programa de monitoramento. Além disto, tem-se por objetivo nortear e inspirar o desenvolvimento de futuras pesquisas e ações de educação ambiental, destinadas à inclusão da comunidade informal na gestão dos recursos hídricos através de divulgação e capacitação de interessados, para que este projeto possa ser implementado na prática, contribuindo para a redução de custos com monitoramento ambiental e obtenção de resultados mais eficientes.

Palavras Chave: Biomonitoramento, fitoplâncton, educação ambiental.

Abstract: The aquatic ecosystems biomonitoring consists in the utilization of sensitive organisms to any environmental variation, aiming to determine the environment quality pattern. Among the most common organisms used, it's highlighted the phytoplankton community. The biomonitoring through the phytoplankton community shows several advantages in comparison with other methods, for example, the low cost, high efficiency and the information's clarity, reflecting all ecosystem quality and not just the water condition. However, the method is little used in Brazil due to the lack of human resources prepared to this work, even as the absence of didactic materials and financial resources for this purpose. Considering the factors that limited this approach application, the present study aims to reveal to the academic community the participative phytoplankton biomonitoring theme, in which the informal community participates of the biomonitoring program actively. Besides that, there's the goal to give directions and to inspire the development of future researches and environmental education actions, aimed to the informal community inclusion on the water resources management by the dissemination and training of interested people, so that this project can be implemented in practice, collaborating to the environmental biomonitoring costs reduction and the achievement of more efficient results.

Keywords: Biomonitoring, phytoplankton, environmental education.

¹ Pós graduanda do mestrado de Conservação e Manejo de Recursos Naturais da UNIOESTE, Campus de Cascavel. Cascavel – PR. liliane_servat@hotmail.com.

² Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais pela UNIOESTE, Campus de Cascavel. Cascavel – PR. margaretseghetto@hotmail.com.

³ Prof^ª. Doutora, pesquisadora do curso de Biologia da UNIOESTE, Campus de Cascavel. Cascavel – PR. normacatarina@hotmail.com.



INTRODUÇÃO

A água constitui um recurso natural indispensável para o desenvolvimento e manutenção da qualidade de vida no planeta (CAPOLETI, 2005). No entanto, nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm recebido influência de múltiplos impactos de origem antrópica. De forma geral, impacto ambiental é toda e qualquer alteração das propriedades naturais (físicas, químicas e biológicas) do meio ambiente, resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população. São entendidos como impactos negativos as atividades antrópicas como mineração, construção de barragens e represas, desvio do curso natural de rios, lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, desmatamento, uso inadequado do solo em regiões ripárias ou planícies de inundação, superexploração de recursos pesqueiros e introdução de espécies exóticas, entre outros (GOULART E CALLISTO, 2003). Estes impactos colocam em risco não apenas o ambiente em si, mas também a saúde humana e a biodiversidade destes sistemas (BARBOUR *et al.*, 1999).

Para a erradicação dos problemas relacionados à água, é preciso mais do que simplesmente evitar o despejo de poluentes em corpos aquáticos, é necessário um conjunto de ações que agreguem um constante monitoramento dos corpos aquáticos e conscientização coletiva da população do entorno. Outro princípio seria a população ter plena consciência que a única maneira efetiva de garantir a sustentabilidade dos recursos naturais utilizados pelo homem, se dá através da preservação das características originais dos ecossistemas aquáticos e terrestres, além de quê, aliando a melhoria das condições de existência dos povos atuais com o uso consciente e racional dos bens naturais, estes estarão disponíveis para as futuras gerações (MONTIBELLER-FILHO, 2001).

No ano 2000, a Diretiva-Quadro da Água (DQA) formulada pelo Parlamento Europeu e Conselho, introduziu o conceito de “estado ecológico”, que exprime a qualidade dos ecossistemas aquáticos com base no desvio ecológico, utilizando para isto condições de referências sujeitas a pressões antropogênicas pouco significativas. Segundo a diretiva, as condições de referência utilizadas para a classificação do estado ecológico devem indicar a qualidade hidromorfológica, física, química e biológica da água (INAG, 2009).

No intuito de definir e avaliar as condições do estado ecológico, o monitoramento do ambiente funciona como uma ferramenta fundamental da sociedade, na qual se pode avaliar o estado de preservação ou degradação destes ecossistemas além de fornecer subsídios para a proposição de estratégias de conservação e planos de recuperação dos ecossistemas degradados, quando necessárias (GOULART E CALLISTO, 2003). De forma mais específica, tem-se a obtenção no ganho de informações sobre o estado em que se encontra o ecossistema e as informações provenientes do biomonitoramento permitem ainda identificar as fontes poluidoras pontuais ou difusas e avaliar o efeito com longo alcance deste impacto. Desta forma, índices podem ser elaborados para detectar impactos específicos como poluição por óleo, pesticidas, matéria orgânica e até alterações de propriedades físicas e químicas da água (BUSS, 2003).

No Brasil, os programas de monitoramento biológico ainda são recentes e possuem diversas restrições. A discussão sobre a implantação deste programa apenas passou a receber atenção com o evento da categorização das bacias hidrográficas como unidades espaciais de estudo para o planejamento e ações de fontes gestoras. Com este passo, a compreensão do funcionamento e das características peculiares aos corpos hídricos passaram a ser



fundamentais para garantir o caminho de um desenvolvimento realmente sustentável, tendo em vista que os corpos de água passam a refletir a qualidade de água da bacia hidrográfica como um todo (PIRES E SANTOS, 1995; ROCHA *et al.*, 2000).

Mesmo com a criação das unidades de gestão por bacias hidrográficas, as instituições públicas ainda não possuem suporte suficiente para garantir a qualidade da água em toda a extensão da bacia, assim como as agências ambientais não apresentam equipamentos ou equipes suficientes para tal demanda e muitas vezes nem chegam a ficar cientes dos impactos. Somando-se a isto, temos a população que não possui informações suficientes sobre a gravidade dos impactos e das ações a serem tomadas para remediar tal problema. Porém, por essas pessoas estarem mais próximas das fontes poluidoras dos ambientes, elas podem tomar ciência dos impactos logo no momento em que ocorrem, assim sendo, se faz necessária uma abordagem que integre a população local nos sistemas de gestão (BARBOUR *et al.*, 1999).

Considerando estas informações como limitação dos programas de biomonitoramento governamentais, o presente trabalho tem por objetivo geral divulgar o tema perante a comunidade acadêmica de forma a inspirar o desenvolvimento de novas pesquisas e projetos destinados à inclusão da comunidade informal na gestão dos recursos hídricos e fornecer subsídios para a geração de um planejamento de educação ambiental que integre esta abordagem. Para isto, tem-se por objetivos específicos apresentar as bases conceituais do biomonitoramento, discutindo sua utilização como método de avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos através da comunidade fitoplanctônica e a importância do envolvimento de voluntários da comunidade informal, abrindo caminho para a formação de mão de obra flexível e disposta a atender às necessidades de pesquisa na área de conservação ambiental.

METODOLOGIA

Este estudo foi construído através de amplo levantamento bibliográfico, tendo como base teórica a legislação vigente e artigos científicos atuais. Os dados obtidos foram discutidos e as fontes substanciais apresentadas no artigo juntamente com sugestões de possíveis desmembramentos na aplicação de futuros projetos.

DISCUSSÃO

Os métodos de monitoramento aquático basicamente são divididos em dois grupos: o que se baseia em parâmetros físicos e químicos da água, que podem detectar a presença de certas substâncias e aquele que detecta respostas dos organismos frente às alterações ambientais, denominado por isto de biomonitoramento (CAPOLETI, 2005). A definição mais aceita para biomonitoramento conceitua o termo como “uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente”, geralmente causadas por ações antropogênicas (BUSS *et al.*, 2003). Assim, o biomonitoramento dos ambientes aquáticos se configura em um instrumento essencial de avaliação da qualidade ambiental dentro de uma escala espacial e temporal bem definida. Existem vários níveis de estudos dos

efeitos, indo desde a resposta de um indivíduo até da comunidade como um todo (LIMA, 2000). As comunidades biológicas de ecossistemas aquáticos são formadas por organismos que apresentam adaptações fisiológicas a determinadas condições ambientais, de tal modo que mesmo as pequenas perturbações ambientais podem afetar a estruturação da comunidade devido ao desaparecimento de espécies sensíveis e o aparecimento ou substituição de espécies tolerantes e oportunistas. Desta forma, a estruturação e composição das comunidades aquáticas refletem a integridade ecológica total dos ecossistemas, apontando os efeitos dos diferentes agentes impactantes e fornecendo uma resposta mensurável dos impactos (CARVALHO, 2003).

Entre os indicadores biológicos recomendados na classificação do estado ecológico pela Diretiva-Quadro da Água, a análise da comunidade fitoplanctônica é de significativa importância para que se obtenha uma compreensão correta das condições existentes no meio aquático (INAG, 2009), e ainda apresenta diversas vantagens, como exemplo, respostas rápidas e consistentes, baixo custo, elevada sensibilidade à presença de poluentes, metodologias padronizadas de análises e curto tempo de geração destes organismos, sendo que somados, estes fatores permitem identificar o tipo de fonte poluente além de permitir prever possíveis consequências futuras decorrentes destes impactos, sejam de origem antrópica ou natural (PAULA, 2010). Compondo o primeiro elo com o meio abiótico, a composição da comunidade fitoplanctônica está diretamente relacionada com fatores ambientais, sendo que mesmo as pequenas instabilidades no ambiente causam efeitos significativos na estruturação da comunidade (REYNOLDS, 2006). Por fitoplâncton entende-se o conjunto de microalgas unicelulares, aquáticas, predominantemente autotróficas que podem ocorrer no plâncton ou aderidas a diversos tipos de substratos, sejam eles naturais ou artificiais (SILVEIRA, 2004). Formam um grupo bastante diversificado, tanto do ponto de vista taxonômico, morfológico e fisiológico, pois apresentam diferentes requisitos e respostas a parâmetros ambientais. Esta multiplicidade fisiológica do fitoplâncton permite a coexistência de diversas espécies em interação contínua num mesmo volume de água e uma distribuição espacial e temporal da comunidade em resposta à variações dos fatores do ambiente (INAG, 2009).

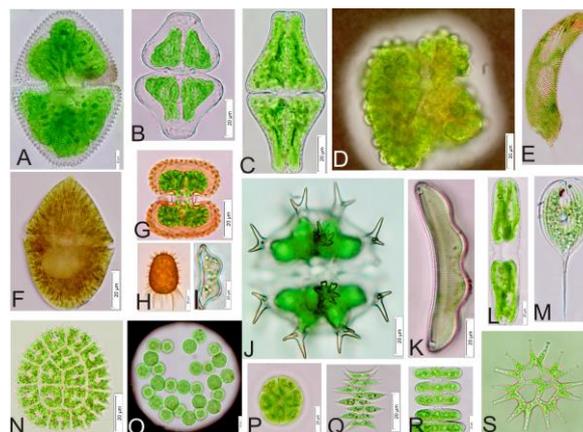


Figura 1. Variedade morfológica de alguns gêneros fitoplanctônicos continentais. 1a, b, g. *Cosmarium*.; 1c. *Euastrum*.; 1d. *Botryococcus*; 1e. *Euglena*; 1f. *Dinoflagelado*; 1h. *Trachelomonas*; 1i,k. *Eunotia*; 1j. *Xanthidium*; 1l. *Tetmemorus*; 1m. *Phacus*; 1n. *Stauridium*; 1o. *Eudorina*; 1p. *Pandorina*; 1q. *Senedesmus*; 1r. *Spondylosium*; 1s. *Pediastrum*.



A compreensão da forma como estas espécies se relacionam somadas a presença e ausência de organismos resistentes ou sensíveis é que nos indica o padrão de qualidade em que se encontra este ambiente (GOULART E CALLISTO 2003). Além disto, o entendimento da comunidade permite ampliar o conhecimento da dinâmica de nutrientes nos ecossistemas aquáticos para uma melhor compreensão da estruturação das demais comunidades ali viventes e o próprio ecossistema de forma mais abrangente. Sendo assim, essas comunidades são elementos centrais na elaboração de estudos visando o manejo ambiental, modelos sobre estimativas de fluxo energético entre os diferentes níveis da cadeia trófica e a capacidade de suporte do sistema (SILVEIRA, 2004). No entanto, levantar meios para gestão, monitoramento e recuperação dos ecossistemas aquáticos não é fácil, pois ultrapassa a questão dos interesses científicos para abranger muitas vezes aspectos econômicos e políticos, o que representa um verdadeiro desafio a ser vencido (ZANDBERGEN, 1998).

Atualmente as informações geradas sobre esta temática são provenientes unicamente de Universidades e Instituições de Pesquisa, constituindo um importante subsídio para a incorporação dos bioindicadores de qualidade no embasamento e implementação de programas de biomonitoramento ambiental (CALLISTO *et al.*, 2005).

Devido ao aumento do número de pesquisas em biomonitoramento na última década (MUGNAI e GATTI, 2008), em 2005 o Brasil estabeleceu a regulamentação que normatiza esta nova categoria de pesquisa, sendo considerada como um método complementar de avaliação da qualidade da água na resolução CONAMA Nº 357 (CONAMA, 2005).

As agências ambientais têm apresentado algumas sugestões para o uso de biomonitoramento, mas não dispõem de pessoal ou recursos suficientes para o estabelecimento desses padrões, sendo que este papel acaba ficando a cargo das universidades e centros de pesquisa (BUSS *et al.*, 2003). O consenso é que para a efetiva aplicação dos sistemas de biomonitoramento, faz-se necessário intervir na área do conhecimento sobre estas comunidades, metodologias de análises, treinamento de recursos humanos qualificados, organização de coleções biológicas e banco de dados (GOULART E CALLISTO, 2003). A agenda 21, em seu capítulo 36, tratando da formação de recursos humanos afirma que:

O treinamento é um dos instrumentos mais importantes para desenvolver recursos humanos e facilitar a transição para um mundo mais sustentável. Ele deve ser dirigido a profissões determinadas e visar preencher lacunas no conhecimento e nas habilidades que ajudarão os indivíduos a achar emprego e a participar de atividades de meio ambiente e desenvolvimento. Ao mesmo tempo, os programas de treinamento devem promover uma consciência maior das questões de meio ambiente e desenvolvimento como um processo de aprendizagem de duas mãos (ONU, 1992).

Ainda no capítulo 36 da agenda 21, foi sugerido que ações sejam implementadas no sentido de fortalecer os programas de treinamento voltados ao meio ambiente, gerando força de trabalho flexível de diversas idades, independente de condição social, sexo, raça ou religião.

Com isto, ganha espaço a ideia do biomonitoramento fitoplanctônico participativo envolvendo a comunidade local. A participação pública em programas de monitoramento ambiental é fundamental para o sucesso do mesmo (BUSS, 2002).



Através do apoio público, o contato entre agências ambientais e a comunidade local se torna mais íntimo, sendo que o grupo de voluntários poderá contribuir com informações imediatas na ocorrência de acidentes ambientais e mortandade de peixes, resultando em medidas mitigadoras mais rápidas por parte dos órgãos ambientais (SILVEIRA, 2004).

“O elemento popular sente, mas nem sempre compreende ou sabe; o elemento intelectual sabe, mas nem sempre compreende ou, sobretudo, sente” (GRAMSCI, 1972, *apud* MACCIOCHI, 1980:216).

Além do fortalecimento do programa, a associação com a comunidade estabelece benefícios para todos os envolvidos. As comunidades passarão a receber informações a respeito da situação ambiental e evolução das melhorias do espaço em que vivem. As agências ambientais serão beneficiadas por contarem com o auxílio da comunidade na manutenção da conservação dos ambientes e pelas informações prestadas pela comunidade. O próprio poder público se beneficiará em contar com a produção de dados substanciais confiáveis para se embasar ao nortear seu plano de gestão (HANNAFORD *et al.*, 1997).

Para a efetiva implantação destas ações é urgente e necessário que o Brasil invista em divulgação e publicações que possam disseminar as informações atualizadas, mantendo alto o nível de conhecimento para todo o território (BRASIL, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento ecológico quando isolado de políticas sociais e propostas que suportem sua aplicação, pouco se traduz em melhorias à sociedade. Por conta disto e da escassez de mão de obra, o uso do biomonitoramento através da comunidade fitoplanctônica como forma de avaliação da qualidade ambiental ainda é pouco frequente no Brasil.

Desta forma, se faz necessário maior investimento por parte dos gestores públicos em atrair e capacitar pessoas dispostas a integrarem equipes de monitoramento locais, não apenas provenientes da comunidade acadêmica, mas também e principalmente por parte da comunidade informal que mantém contato direto com os ambientes alvos de manejo.

A despeito do investimento inicial em treinamento e capacitação de monitores, em longo prazo esta aplicação permitirá uma redução de custos em vista dos baixos custos desta técnica, além de permitir a participação comunitária através de grupos voluntários.

De forma geral, a utilização – mesmo que reduzida - de organismos fitoplanctônicos em programas de biomonitoramento aquático mostra-se mais completa e eficaz que as tradicionais análises físicas e químicas e ainda, trata-se de um método de baixo custo.

Diante do exposto, muito ainda há o que ser feito em relação à aplicação prática do biomonitoramento fitoplanctônico participativo.

Sugerimos uma abordagem mais aprofundada em futuras pesquisas, envolvendo o aprimoramento e simplificação da metodologia utilizada; divulgação junto à comunidade acadêmica e informal sobre a temática abordada através de cartilhas e material didático; formação de grupos de voluntários e fóruns de discussão; desenvolvimento de atividades



orientadoras que preparem esta comunidade para o entendimento do ecossistema aquático, assim como dos impactos crescentes atualmente e estabelecer discussão sobre a possibilidade de resolução dos problemas ambientais encontrados; estabelecer de forma prática o uso do biomonitoramento participativo em situações que ameacem a diversidade biológica de forma a mitigar os possíveis danos causados.

Em meio ao o que ainda há para ser feito, é imprescindível a produção de informações que subsidiem o aprimoramento metodológico, para que a execução deste projeto possa ser efetivada.

REFERÊNCIAS

BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B.. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**. 2a ed. Washington: U.S. Environmental Protection Agency.1999.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Programa de Pesquisa em Biodiversidade**. Diretrizes e estratégias para modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade. Brasília: M.C.T, 2006.

BUSS, D.F., BAPTISTA,D.F., NESSIMIAN, J. L.,Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water quality programs. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, 2003.

BUSS, D. F. Proteção à vida aquática, participação das comunidades e políticas de recursos hídricos. **Ciência e Ambiente**. vol. 25, p.71-84.2002

BUSS, D. F., BAPTISTA, D.F., NESSIMIAN, J. L., Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. Rio de Janeiro: **Caderno Saúde Pública**. v.2, n. 19, p. 465-473, 2003.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J.F. & MORENO, P. 2005. Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores. *In*: Goulart, E.M.A. (Eds). **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**. p.555-567.

CAPOLETI, C. **Biomonitoramento da qualidade da água na estação de tratamento de água Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Autarquia associada à Universidade de São Paulo. 2005.

CARVALHO, MARIA DO CARMO., **Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em saúde pública) Departamento de Saúde Ambiental. Universidade de São Paulo. 2003.

CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução n. 357/05**. Diário Oficial da União: Brasília, 18 de março de 2005.

GOULART, M.D., CALLISTO, M., Bioindicadores de qualidade da água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, vol.2, n.1, 2003. Disponível em<
<http://apostilas.cena.usp.br/Valdemar/CEN0413%20-%20Agrot%C3%B3xicos%20->



<http://www.cirpea.org.br/interacoes/ambiente/bioindicadores/2019.10.2010.pdf>. Acesso em 28 de agosto de 2013.

HANNAFORD, M.J., BARBOUR, M.T. & RESH, V.H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **J. N. Am. Benthol. Soc.** Vol.16, n.4, p.853-860.1997.

INAG, I.P., 2009. **Manual para avaliação da qualidade biológica da água. Protocolo de amostragem e análise para o fitoplâncton.** Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.

LIMA, J. S. O biomonitoramento como ferramenta complementar na avaliação de impactos ambientais: Discutindo conceitos. **EcoTerra Brasil.** Junho, 2000. Disponível em <http://www.ecoterrabrasil.com.br/home/index.php?pg=temas&tipo=temas&cd=92> Acesso em 28 de agosto de 2013.

MACCIOCHI, M. A., **A Favor de Gramsci.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1980.

MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento Sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias.** Florianópolis: Ed. Da UFCS, 2004.

MUGNAI, R.; GATTI, M. J. Infra-estrutura básica de suporte para o estudo de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis.** v. 12, n.3, p.506-519.2008.

ONU. Organização das Nações Unidas. 1992. **Agenda 21.** Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>> Acesso em 28 de agosto de 2013.

PAULA, S. B. C., **Biomonitoramento como instrumento de detecção de contaminantes ambientais.** Vitória: Universidade Veiga de Almeida, 2010.

PIRES, J. S. R. & SANTOS, J. E. Bacias Hidrográficas, interação entre meio ambiente e desenvolvimento. **Revista Ciência Hoje.** vol.19, p. 40-45.1995.

REYNOLDS, C. S.; **Ecology of Phytoplankton.** Cambridge:Cambridge University Press, 2006.

ROCHA, O., PIRES, J.S.R. & SANTOS, J. E.A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: Espíndola, ELG et al. (Org.). **A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho.** São Carlos: Rima Editora, pp1-16.2000.

SILVEIRA, M. **Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

ZANDBERGEN, P. A. Urban watershed ecological risk assessment using GIS: a case study of the Brunette River watershed in British Columbia, Canada. **Journal of Hazardous Materials.** vol. 61, p.163-173.1998.