

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

LILIANE CAROLINE SERVAT

**BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO COMO FERRAMENTA
AUXILIAR NA GESTÃO DE RECURSOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2015

LILIANE CAROLINE SERVAT



**BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO COMO FERRAMENTA
AUXILIAR NA GESTÃO DE RECURSOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios - Polo UAB do Município de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientadora: Prof^a. Dra. Larissa de Bortoli Chiamolera Sabbi.

MEDIANEIRA

2015



TERMO DE APROVAÇÃO

Biomonitoramento participativo como ferramenta auxiliar na gestão de recursos hídricos

Por

Liliane Caroline Servat

Esta monografia foi apresentada às 20:30 h do dia **09 de novembro de 2015** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

Prof^a. Dra. Larissa de Bortoli Chiamolera Sabbi.
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientadora)

Prof. Dr. Valdemar Padilha Feltrin
UTFPR – Câmpus Medianeira

Prof^a. Dra. Eliane Rodrigues dos Santos Gomes
UTFPR – Câmpus Medianeira

*Nem olhos viram, nem ouvidos ouviram,
nem jamais penetrou em coração humano
o que Deus tem preparado para aqueles
que O amam (1 Coríntios 2.9).*

***A Ti Rei Jesus, toda honra e Glória
para sempre. Amém!***

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Ao meu esposo, Renato, tenho tanto a agradecer. Obrigada pela parceria, incentivo e carinho em todos os dias para que este momento pudesse chegar.

Aos meus pais, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

A minha orientadora professora Dra. Larissa de Bortoli Chiamolera Sabbi pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

*O importante não é estar aqui ou ali. Mas ser!
E ser, é uma pequena ciência delicada, feita de
pequenas grandes observações do cotidiano
dentro e fora da gente. Se não executarmos
estas observações, não chegamos a ser.
Apenas estamos e desaparecemos.*

Carlos Drummond de Andrade.

RESUMO

SERVAT, Liliane Caroline. Biomonitoramento participativo como ferramenta auxiliar na gestão de recursos hídricos. 2015. 41 páginas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

Este trabalho teve como temática o uso do biomonitoramento participativo como ferramenta auxiliar na gestão de recursos hídricos, com ênfase na comunidade fitoplanctônica. Apesar da grande importância para a sobrevivência humana, os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo os mais variados impactos de origem antrópica, desde que o homem começou a expandir seu território. Na tentativa de melhor compreender os ecossistemas aquáticos, surgiram diferentes métodos de monitoramentos ambientais. Dentre eles, pode-se destacar o biomonitoramento, por produzir resultados rápidos e satisfatórios. O biomonitoramento consiste no uso sistemático de respostas de organismos vivos frente às adversidades ambientais, para determinar a qualidade do ambiente. Apesar da elevada eficácia, o biomonitoramento ainda não é tão utilizado no Brasil, devido à falta de recursos humanos suficientes para cobrir a extensão de toda a sua bacia hidrográfica. Uma solução interessante para isso é a formação de recursos humanos especializados e a participação ativa da sociedade nas campanhas de monitoramento. Na pesquisa bibliográfica realizada, percebeu-se que esta metodologia já é utilizada há muito tempo com alguns grupos de animais e vegetais, dentre eles, destacam-se a comunidade de macroinvertebrados, peixes e algas. Por ser uma área menos explorada e produzir resultados bastante precisos, o biomonitoramento com base na comunidade fitoplanctônica precisa ser fortalecido no Brasil, além de abrir caminho para a divulgação do conhecimento. As perspectivas para a aplicação desta metodologia são viáveis e apresentam benefícios para todos os lados envolvidos, uma vez que as comunidades afetadas terão maior acesso às informações e participação dos programas de gestão; as agências ambientais poderão contar com a comunidade informal como recurso humano capacitado a monitorar uma considerável parcela da extensão aquática brasileira, tornando a avaliação ambiental mais eficiente; o poder público também será beneficiado, à medida que poderá contar com dados atualizados e confiáveis para nortear seus planos de gestão dos recursos hídricos e por fim, as instituições de pesquisa também ganham com isso, uma vez que pelo contato direto com o público alvo de suas pesquisas, acompanhará a resolução das necessidades da região, bem como a possibilidade de desenvolvimento de novas metodologias e estudos visando tornar o processo mais eficiente.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Ecossistemas Aquáticos. Participação Social. Educação Ambiental. Preservação.

ABSTRACT

SERVAT, Liliane Caroline. Participatory biomonitoring as an auxiliary tool in the management of water resources. 2015. 41 páginas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

This work had as its theme the use of participatory biomonitoring as an auxiliary tool in the management of water resources, with emphasis on phytoplankton. Despite the great importance for human survival, aquatic ecosystems have suffered the most varied impacts of anthropogenic origin, since man began to expand its territory. In an attempt to better understand aquatic ecosystems, there were different methods of environmental monitoring. Among them, we can highlight the biomonitoring by producing quick and satisfactory results. Biomonitoring is the systematic use of living organisms front responses to environmental adversities, to determine the quality of the environment. Despite the high effectiveness, biomonitoring is still not as used in Brazil, due to lack of sufficient staff to cover the extent of its entire watershed. An interesting solution to this is the training of specialized human resources and the active participation of society in the monitoring campaigns. The literature survey, it was noted that this methodology is already used long ago with some groups of animals and plants, among them stand out macroinvertebrates community, fish and algae. Because it is an area less explored and produce very accurate results, biomonitoring based on the phytoplankton community needs to be strengthened in Brazil, as well as pave the way for the dissemination of knowledge. The outlook for the application of this methodology are viable and have benefits for all sides, since the affected communities will have greater access to information and participation of the drivers; environmental agencies may rely on informal community as human resource able to monitor a significant portion of Brazil aquatic extension, making the most efficient environmental assessment; the government will also benefit, as they can count on updated and reliable data to guide their management plans of water resources and finally, research institutions also gain from this, since the direct contact with the target audience their research, monitor the resolution of the needs of the region as well as the possibility of developing new methodologies and studies aimed at making the process more efficient.

Keywords: Sustainability. Aquatic Ecosystems. Social Participation. Environmental Education. Preservation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Relações Entre Meio Ambiente, Sistema Produtivo E Crescimento Econômico, Resultando Em Degradação Ambiental, Crise Energética E Crise Econômica.....	15
Figura 2. Quadro Sócio Ambiental Brasileiro.....	16
Tabela 1. Utilização De Grupos Taxonômicos Como Organismos Bioindicadores entre 1998 e 2007	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	14
3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 CONTEXTO	15
3.2 FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	18
3.2.1 Monitoramento Físico-Químico x Biomonitoramento	20
3.2.2 Monitoramento Físico-Químico	20
3.2.3 Biomonitoramento.....	21
3.2.3.1 Terminologia e Histórico	21
3.2.3.2 Como Funciona o Biomonitoramento	22
3.2.3.3 Organismos Bioindicadores	23
3.3 USO DE ESPÉCIES VEGETAIS COMO BIOINDICADORES.....	26
3.3.1 Papel bioindicador da comunidade fitoplanctônica	27
3.4 BIOMONITORAMENTO NO BRASIL.....	29
3.5 O PAPEL DA SOCIEDADE NA PRESERVAÇÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL.....	29
3.6 PARTICIPAÇÃO PÚBLICA NO MONITORAMENTO AMBIENTAL: BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO	30
3.7 BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO NO MUNDO.....	32
3.8 BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO NO BRASIL.....	33
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A água constitui um recurso fundamental para o desenvolvimento e manutenção da qualidade de vida no planeta (CAPOLETI, 2005). Mesmo assim, nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm recebido diversos impactos de origem antrópica, resultando em diminuição da qualidade ambiental (GOULART; CALLISTO, 2003).

Impacto antrópico pode ser entendido como qualquer ação proveniente de atividades humanas, que acarrete em alteração das propriedades naturais (físicas, químicas e biológicas) do ambiente. Estes impactos colocam em risco não apenas o ambiente em si, mas também a saúde, a segurança e o bem-estar da população (BARBOUR et al., 1999).

Com o propósito de mensurar o nível destes impactos e também a qualidade ecológica, o monitoramento do ambiente permite avaliar o estado de preservação ou degradação dos ecossistemas, além de fornecer subsídios para a proposição de estratégias de conservação e planos de recuperação dos ecossistemas degradados, quando necessárias (GOULART; CALLISTO, 2003).

Entre os diferentes métodos de monitoramentos ambientais, o monitoramento com base na comunidade biológica (ou biomonitoramento) se destaca por fornecer respostas abrangentes (MONTIBELLER-FILHO, 2004). Esta ferramenta consiste na observação das respostas dos organismos que vivem em determinado ambiente, para inferir sobre seu grau de conservação (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAM, 2003).

Segundo os mesmos autores, de forma mais específica, é possível também identificar fontes poluidoras pontuais ou difusas e avaliar o efeito com longo alcance deste impacto. Desta forma, índices podem ser elaborados a fim de detectar impactos específicos como poluição por óleo, pesticidas, matéria orgânica e até alterações de propriedades físicas e químicas da água.

No entanto, mais do que simplesmente evitar o despejo de poluentes em corpos aquáticos, para a efetiva conservação dos ecossistemas aquáticos é fundamental implementação de conjunto de medidas preventivas, acompanhadas de constante monitoramento destes ambientes e mais ainda, a conscientização coletiva da população do entorno (CALLISTO; MORENO, 2006)

A população precisa entender que a única maneira de garantir a sustentabilidade dos recursos naturais é preservando as características originais dos ecossistemas. Só assim teremos melhores condições de existência dos povos atuais, garantindo a disponibilidade dos recursos para as futuras gerações (MONTIBELLER-FILHO, 2004).

No Brasil, tanto os programas de biomonitoramento, como de conscientização ainda são insuficientes e limitados, uma vez que grande parte das pesquisas de monitoramento ambiental é realizada pelas universidades de pesquisa e outra parte pelas agências ambientais, no entanto, estas instituições não demandam equipes suficientes para garantir a qualidade da água em toda a extensão da bacia. O maior agravo disso, é que muitas vezes os impactos são pequenos e isolados, podendo ser remediados com maior facilidade, mas muitas vezes não chegam à ciência das instituições gestoras a tempo, tomando níveis ainda maiores (PIRES; SANTOS, 1995; ROCHA; VRCIBRADIC; ARAÚJO, 2000)

Somando-se a isto, a população não possui conhecimento suficiente para mensurar a gravidade dos impactos e decidir as melhores ações a serem tomadas em tais situações. Porém, por estarem mais próximas das fontes poluidoras e dos ambientes atingidos, a população toma ciência dos impactos logo no momento em que ocorrem, sendo fundamental, portanto, integrar a população local nos sistemas de gestão (BARBOUR et al., 1999).

Uma medida eficiente para que esta integração seja tangível, é a capacitação de pessoal disposto a integrar voluntariamente equipes de monitoramento locais, não apenas provenientes da comunidade acadêmica, mas principalmente por parte da comunidade informal, que está em contato direto com os ambientes alvos de manejo e toma ciência das possíveis perturbações ambientais quando ainda estão no início. Outra medida a ser considerada, é a tradução dos resultados do processo de biomonitoramento em uma linguagem de fácil leitura e interpretação, para que eles sejam melhor aproveitados por parte da comunidade informal (MELLO, 2010).

Desta forma, toda a comunidade pode ser envolvida no monitoramento, em diferentes níveis de ações. Adultos podem monitorar, coordenar campanhas locais de preservação e incentivar jovens e crianças a participarem ativamente das ações propostas. Deve ser dado um enfoque especial no trabalho com crianças e jovens, em função do seu grande potencial de aprendizagem e absorção de novos

conceitos, contribuindo até mesmo para a formação do caráter de cidadãos conscientes (SECCO, 1998).

Considerando a intensa pressão antrópica sobre os ecossistemas aquáticos e a carência de recurso humano especializado em técnicas de monitoramento e preservação ambiental, é imprescindível a produção de informações que subsidiem o aprimoramento metodológico para que a execução dessa proposta possa ser tangível (GOULART; CALLISTO, 2003).

Diante disso, 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.

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, popularizar as vantagens da utilização da comunidade fitoplanctônica como ferramentas de monitoramento e discutir a importância do envolvimento de voluntários da comunidade informal, abrindo caminho para a formação de mão de obra disposta a atender às necessidades de pesquisa na área de conservação ambiental.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Este estudo apresenta caráter qualitativo com abordagem exploratória, destinada à ampliação do conhecimento (pesquisa básica pura).

Os dados serão coletados por meio de levantamento bibliográfico, com base em artigos científicos e literatura específica, sendo os dados relevantes discutidos e apresentados juntamente com sugestões de possíveis desmembramentos na aplicação de futuros projetos.

3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONTEXTO

O crescimento urbano aliado à produção de lixo, exploração dos recursos naturais, expansão industrial, avanço da pecuária e agricultura modificaram profundamente o ambiente em que vivemos (BARRETO, 1998).

A forte pressão exercida pelo sistema produtivo sobre os recursos naturais (Figura1), visando aumentar o ganho de matéria prima para aumentar a produção de bens e, conseqüentemente o desenvolvimento econômico tem sido a fonte de diversos impactos naturais, que agora se refletem na própria sociedade (ANDRADE, 2010).

O desenvolvimento econômico, por sua vez, retorna para o sistema produtivo na forma de capital (lucro), e para a natureza na forma de despejos e efluentes (poluição), além da degradação (muitas vezes irreversível) do meio ambiente (ALMEIDA et al., 1993 *apud* ANDRADE, 2010).

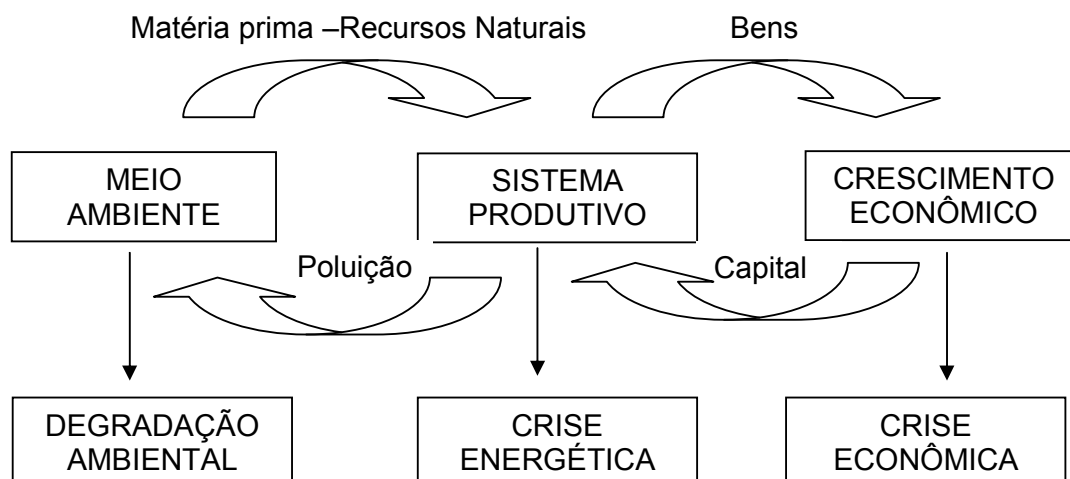


Figura 1. Relações entre meio ambiente, sistema produtivo e crescimento econômico, resultando em degradação ambiental, crise energética e crise econômica (ALMEIDA et al., 1993 *apud* ANDRADE, 2010).

Como resultado deste sistema vicioso, em que o progresso urbano se alimenta da exploração indiscriminada dos recursos naturais, ocorre a degradação do ambiente e a diminuição na oferta de recursos naturais (causada pelo próprio sistema), originando então, a crise energética, acompanhada da redução na produção de bens e crise econômica (ALMEIDA et al., 1993 *apud* ANDRADE, 2010).

O aumento de atividades industriais como estas somadas às demais atividades antrópicas (caça, pecuária, desmatamento, agricultura, e etc.), foi seguido rapidamente pelo aumento significativo da degradação ambiental (TOMMASI, 1994).

Na figura abaixo (Figura 2), é possível observar os impactos diretos da exploração intensa sobre os recursos naturais refletidas no meio ambiente.

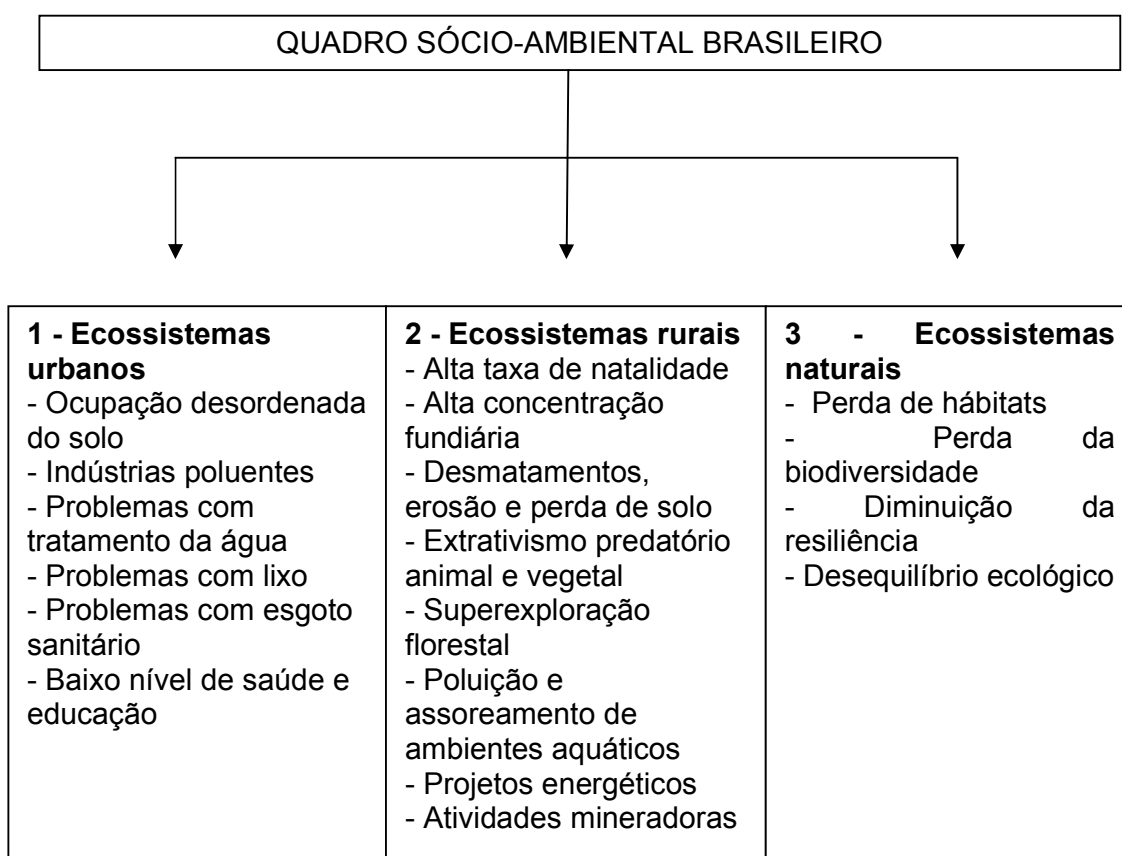


Figura 2 – Quadro sócio ambiental brasileiro (GOULART; CALISTO, 2003 *apud* ANDRADE, 2010)

Além da intensa retirada de matéria prima dos mais diversos ecossistemas, os resíduos gerados na transformação desta matéria prima em bens comerciais, são direcionados novamente ao ecossistema, sendo que a água, quase que obrigatoriamente acaba tendo duas finalidades, uma vez que é utilizada tanto como manancial, quanto para lançamento final de resíduos (BRANCO, 1986).

Este cenário tem se tornado preocupante no mundo todo, uma vez que a estratégia de desenvolvimento econômico atual traz consigo o aumento no consumo de recursos naturais, de forma mais acelerada do que a natureza consegue reestabelecer. Ainda, no atual sistema, são gerados resíduos em quantidades muito superiores ao que pode ser assimilado pelo ciclo natural (MATA-MACHADO, 2008).

Esta estratégia deve ser reestruturada, de forma a priorizar o reestabelecimento e preservação dos recursos naturais, a fim de garantir a qualidade de vida das populações atuais e futuras. O crescimento econômico precisa ser pensado e pautado nos pilares da sustentabilidade (TUCCI, 2008), a fim de evitar o esgotamento da pequena parcela de água doce restante e garantir a sobrevivência da vida silvestre (COLOMBO, 2006; TUNDISI, 2008).

Para se falar em desenvolvimento sustentável, é preciso entender que ele também está relacionado com a melhoria das condições de existência dos povos atuais, porém de forma racional, exige que os recursos naturais sejam utilizados de tal modo, que estes continuem disponíveis para as futuras gerações (MARTINS, 2000).

Dentre os recursos naturais, a água exige maior atenção atualmente, em função da maior suscetibilidade a impactos decorrentes de atividades antrópicas. A constante utilização deste recurso tem requerido um grande número de estudos para avaliar as fontes estressoras e manter sua qualidade (CAPOLETI, 2005).

Fonte estressora, ou mesmo agente estressor, é qualquer fator biótico ou abiótico, que atuando isoladamente ou em conjunto, altera o equilíbrio de um sistema biológico. As implicações práticas que necessitam ser desprendidas para reverter este desequilíbrio são muitas: avaliações, estudos e medições quanto à frequência, duração e abrangência destes impactos; execução de estratégias de mitigação, através de ações; e a necessidade de compensar, através da reposição ou recuperação da condição ambiental anterior, o que pode acontecer por meio de ações naturais ou antrópicas (LOUZADA, 2001).

Atualmente entende-se que a delimitação da unidade de estudo por bacia hidrográfica é mais eficiente por apresentar limites físicos definidos geograficamente, produzindo resultados integrados. Tanto em nível de estrutura, como em dinâmica de funcionamento, a bacia hidrográfica reflete as relações entre o uso da terra, proteção e qualidade dos recursos hídricos com o desenvolvimento de uma região, estado ou nação (TUNDISI; BARBOSA, 1995).

Utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudos ambientais e levando-se em conta os ecossistemas aquáticos como principais sensores de monitoramento, é possível detectar se, e em que nível as atividades econômicas e sociais interferem no meio ambiente, predizendo possíveis impactos futuros (SECCO, 1998) e modelando o desenvolvimento econômico de forma sustentável (COLOMBO, 2006).

3.2 FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Historicamente, a avaliação de impacto ambiental tem se concentrado nos efeitos de substâncias tóxicas emitidas por fontes pontuais sobre a saúde humana. Entretanto, existem outras fontes de risco que podem afetar direta, e/ou indiretamente as populações (KARR; CHU, 1997).

Os riscos ecológicos, definidos como a probabilidade de que efeitos ecológicos adversos possam decorrer da exposição dos ecossistemas naturais a um ou mais agentes estressores (USEPA, 1996) podem causar danos severos à saúde humana e às demais comunidades biológicas. A avaliação preliminar de riscos ecológicos é realizada através do monitoramento ambiental preventivo dos ecossistemas em questão (GOULART; CALLISTO, 2003).

Segundo o mesmo autor, em função da grande diversidade de impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos, o controle ambiental de riscos ecológicos deve envolver uma abordagem integrada, através do monitoramento da qualidade física, química e biológica da água, bem como a avaliação da qualidade estrutural e dinâmica de habitats.

A discussão sobre a importância da utilização de critérios integrados não é recente. Desde a década de 70, pesquisadores e gestores de recursos hídricos da Europa Ocidental e América do Norte 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 (ARMITAGE, 1995), sendo particularmente deficientes na avaliação da qualidade estética, recreacionista e ecológica do ambiente (BARBOSA, 1994).

Atualmente entende-se que com uma análise integrada da qualidade da água, ou seja, considerando não apenas as metodologias tradicionais de avaliação, mas os aspectos biológicos do sistema, torna-se possível atender com maior eficiência aos diferentes usos da água (ROSENBERG; RESH, 1993).

Para analisar os aspectos biológicos dos ecossistemas, duas metodologias são mais utilizadas. Os métodos *bottom-up* e *top-down*. A primeira metodologia utiliza dados de laboratório por experimentações em sistemas simples que são utilizados para posterior extrapolação para sistemas mais complexos. Já a segunda metodologia avalia os impactos ambientais em nível macro, mensurando a alteração estrutural e funcional das comunidades biológicas ou do próprio ecossistema (BOUDOU; RIBEYRE, 1997).

Os testes da metodologia *bottom-up* são realizados, em geral, com base nas respostas de organismos aquáticos a estressores específicos. Com esse método ganha-se controle e velocidade na reação em testes de toxicidade, mas perde-se contato com a realidade e aplicabilidade ao ambiente (ROSENBERG; RESH, 1993).

Por sua vez, as metodologias *top-down* se provaram viáveis em muitos casos e se configuram em uma excelente ferramenta para o manejo dos ecossistemas e análises da qualidade da água (MOULTON, 1998), pois apresentam diversas vantagens, como por exemplo: avaliam eficientemente a perda real da diversidade de espécies (em vez de avaliarem os efeitos indiretos dos agentes estressores); permitem observar o efeito sinérgico das alterações antropogênicas ocorridas na bacia hidrográfica (soma de diversos efeitos); permitem avaliar a qualidade da água por métodos relativamente simples e de baixo custo; permitem determinar o impacto de espécies exóticas sobre a fauna e a flora locais; e avaliam eficientemente a integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos.

3.2.1 Monitoramento físico-químico X Biomonitoramento

Os métodos de monitoramento aquático baseados na metodologia *top-downs* 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, bem como alterações de pH, oxigênio dissolvido, condutividade, e aquele que detecta respostas dos organismos frente às alterações ambientais, denominado por isto de biomonitoramento (CAPOLETI, 2005).

3.2.2 Monitoramento físico-químico

No monitoramento físico e químico aborda-se a presença, qualidade e quantidade de fatores interferindo no ambiente, podendo-se eventualmente inferir sobre os efeitos biológicos que estes fatores causam no ambiente (PAULA, 2010).

O monitoramento de variáveis físicas e químicas traz algumas vantagens na avaliação dos impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, tais como identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água, detecção precisa da variável modificada, e determinação destas concentrações alteradas (WHITFIELD, 2001).

Entretanto, segundo o mesmo autor, este sistema apresenta também algumas desvantagens, como por exemplo, a descontinuidade temporal e espacial das amostragens. A amostragem das variáveis físicas e químicas fornece somente uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica, que varia constantemente em função da capacidade de diluição devido ao porte do rio, e seu fluxo unidirecional.

Além disso, o monitoramento físico e químico da água é pouco eficiente na detecção de alterações na diversidade de habitats e micro habitats e insuficiente na determinação das consequências da alteração da qualidade de água sobre as comunidades biológicas (GOULART; CALLISTO, 2003).

Somando-se a isto, se as amostragens do monitoramento físico e químico forem feitas longe da fonte poluente, as medições químicas não serão capazes de detectar perturbações sutis sobre o ecossistema (PRATT; COLER, 1976).

3.2.3 Biomonitoramento

A definição mais aceita para biomonitoramento conceitua o termo como o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas (SOUZA; FONTANETTI, 2007).

3.2.3.1 Terminologia e histórico

Em diversas áreas transversais ao meio ambiente, é possível observar o uso de diversos termos relacionados ao biomonitoramento: biomonitor, bioindicação, bioindicador, monitoramento, ou mesmo biomonitoramento. A existência de tantos vocábulos semelhantes traz consigo certa confusão na terminologia correta a ser usada em cada situação (ARNDT; NOBEL; SCWIZER, 1987).

Segundo os mesmos autores, dentre estes termos, o relato mais antigo que se tem registro, faz uma sucinta menção sobre “plantas indicadoras”, escrito há mais de 400 anos. No entanto o termo “bioindicador” ficou mais conhecido somente na década de 60, com o crescimento da literatura biológica alemã;

Também na Alemanha, o termo “biomonitoramento” passou a ser relevante com o advento do uso de vegetais no monitoramento da poluição atmosférica. Mas foi nos países de língua inglesa que o vocábulo passou a ser utilizado com mais frequência, a partir da década de 80. De qualquer forma, é possível observar que em geral, a literatura alemã traz estes dois termos como sinônimos (ARNDT; NOBEL; SCWIZER, 1987).

No entanto, muitos autores sugerem haver diferenças e especificidades nas terminologias acima mencionadas. Enquanto o termo “bioindicação” está relacionado

com informações inconstantes e ativas, o termo “biomonitoramento” diz respeito à informações contínuas e passivas (ANDRADE, 2010).

Para Arndt, Nobel e Schweizer (1987), os termos “bioindicador” ou mesmo “biomonitor” dizem respeito ao organismo de quem se obtêm respostas e/ou informações ativas e o termo “bioindicação” é pautado em respostas visíveis do organismo indicador. No contexto da bioindicação, é possível ainda propor duas subcategorias: a bioindicação sensitiva (em que se estudam as respostas do organismo indicador) e a bioindicação acumulativa (pautada na seleção de espécies que acumulem a substância a ser monitorada, medindo a concentração dessa substância no organismo indicador).

3.2.3.2. Como funciona o biomonitoramento

As comunidades biológicas são formadas por organismos que apresentam adaptações fisiológicas e evolutivas a determinadas condições ambientais, sendo que cada organismo apresenta limites específicos de proveito e tolerância para cada uma dessas situações (ALBA-TERCEDOR, 1996).

No caso de um sistema em equilíbrio receber influência externa, que pode ser desde uma pequena, até uma grande perturbação ambiental, toda a estruturação da comunidade biológica pode ser afetada, devido ao desaparecimento de espécies sensíveis a estas novas condições, e o aparecimento ou substituição de espécies tolerantes e oportunistas, que conseguem tirar proveito da nova situação (PAULA, 2010).

A reestruturação e as mudanças na composição de espécies das comunidades aquáticas refletem as possíveis modificações ocorridas no ambiente, permitindo avaliar a integridade ecológica do ecossistema, e identificar as possíveis perturbações através dos efeitos causados pelos agentes impactantes. Assim é possível mensurar os danos causados e até prever possíveis impactos futuros (REYNOLDS, 2006).

É possível determinar os danos causados e os efeitos sobre o ecossistema em vários níveis de estudos, indo desde a resposta de um único indivíduo até a resposta da comunidade como um todo (LIMA, 2000).

Ao contrário do monitoramento físico e químico, o biomonitoramento não indica a existência de um fator ambiental, mas sim a reação do sistema biológico a este fator, podendo-se eventualmente inferir sobre qual seria este fator (PAULA, 2010).

Além disso, o monitoramento biológico dos ambientes aquáticos permite avaliar a qualidade ambiental em um período de tempo e espaço definidos, o que se dá através das respostas destas comunidades biológicas a modificações nas condições ambientais originais (GOULART; CALLISTO, 2003).

3.2.3.3 Organismos bioindicadores

Todo sistema vivo, independente se organismo, população ou comunidade está adaptado a determinado complexo de fatores ambientais, onde encontra as condições necessárias e favoráveis à sua manutenção e reprodução. Em ambos os extremos desta situação, cada organismo apresenta um nível específico de tolerância fisiológica, variável ao longo do desenvolvimento do organismo e também de organismo para organismo, sendo que se os fatores ambientais ultrapassam o nível de tolerância, o ambiente deixa de ser favorável ao desenvolvimento do organismo em questão (MATSUURA, 2000).

No caso dos bioindicadores, suas funções vitais se correlacionam tão estreitamente com determinados fatores ambientais, que podem ser empregados como indicadores na avaliação de uma dada área (CALLISTO; GONÇALVES; MORENO, 2005).

Segundo os mesmos autores, os bioindicadores são importantes ferramentas do biomonitoramento, correlacionando um determinado fator, seja antrópico ou natural, com um potencial impactante. Os organismos bioindicadores mais utilizados são aqueles capazes de diferenciar entre oscilações naturais (mudanças fenológicas, ciclos sazonais de chuva e seca) e estresses antrópicos.

Basicamente, existem dois tipos de bioindicadores: os indicadores sensíveis e os indicadores acumuladores (LIMA, 2000).

Se o bioindicador reage modificando seu comportamento com um desvio significativo em relação ao comportamento normal, então ele é um bioindicador

sensível. Se ele, ao contrário, acumula influências antrópicas sem, contudo, mostrar danos passíveis de ser reconhecido em um curto espaço de tempo, ele é denominado bioindicador acumulativo (PAULA, 2010).

Os bioindicadores também podem ser específicos (quando somente um fator ambiental provoca a reação) e não específicos (quando a mesma reação pode ser provocada por diferentes fatores). Ambos indicadores podem ser encontrados entre os organismos testes, organismos monitores e indicadores ecológicos (MATSUURA, 2000).

Organismos testes são empregados em metodologias de laboratório altamente padronizadas, cujos resultados são também altamente reprodutíveis. Procedimentos que estudam diretamente ou coletam amostras de organismos presentes no ecossistema e as transportam para análise no laboratório são chamadas de "monitores biológicos passivos". Ambos os indicadores, organismo teste e organismo monitor, fornecem apenas resultados autoecológicos, isto é, os efeitos observados não podem ser automaticamente transferidos para outros organismos ou para o ecossistema (PAULA, 2010).

Para se obter informações sobre as condições ou o comportamento do ecossistema como um todo, indicadores ecológicos precisam ser usados. Estes fornecem informações sobre o estado de um habitat no qual os organismos existem em condições naturais de competição. Os tipos mais comuns são: espécies sentinelas (introduzidas para indicar), espécies detectoras (ocorrem naturalmente e respondem ao *stress* de forma mensurável), espécies exploradoras (reagem positivamente ao distúrbio ou agente estressor), espécies acumuladoras (acumulam agentes estressores permitindo avaliar a bioacumulação), espécies bioensaio (usados na experimentação) (LOUZADA, 2001).

Para ser considerado bioindicador, o organismo em questão deve apresentar características-chaves, como por exemplo: distribuição geográfica cosmopolita; ser de fácil amostragem; mobilidade limitada; baixa variabilidade genética e ecológica; diversidade taxonômica e fácil identificação; fácil cultivo em laboratório, com custos relativamente baixos para sua manutenção; sensíveis a diferentes concentrações de poluentes no meio, fornecendo ampla faixa de respostas frente a diferentes níveis de contaminação ambiental (CAPOLETI, 2005), ser abundante, longo ciclo de vida, e dispor de características ecológicas bem conhecidas (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAM, 2003).

Diversos organismos podem ser utilizados como bioindicadores. Em uma pesquisa realizada por Andrade (2010), foi possível observar que dentre as 18 categorias taxonômicas analisadas, a maior parte de organismos bioindicadores utilizados são vegetais, artrópodes, peixes, mamíferos e moluscos (Tabela1).

Tabela 1. Utilização de grupos taxonômicos como organismos bioindicadores entre 1998 e 2007.

Bioindicador	Ano										TOTAL
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Vegetal	39	23	21	25	45	59	39	38	47	51	387
Artrópode	25	22	25	25	14	24	43	47	40	44	309
Peixe	15	15	24	16	21	23	13	25	25	42	219
Mamífero	12	16	12	8	24	10	14	13	11	38	158
Molusco	17	11	9	14		23	26	19	33		152
Alga	3	9	3	8	10	13	18	10	15		89
Bactéria	10	13	10	14	10	7	5	6	8		83
Ave	9	8	8	4	3	7	5	6	11	8	69
Protozoário		6	12	6	4	7	4	6	3	2	50
Líquen		9	6	3		1	7	9	13	1	49
Helminto		11	6	8	2	3	3	5	7		45
Anelídeo					3	6	5	1	8	17	40
Anfíbio	7	6	2	1	2	4	2	1	6		31
Celenterado				2		1	2		1	24	30
Fungo				3	11	4	3	3	2	3	29
Equinodermo		2	4	5		3	1	1	2	1	19
Réptil	1		1		1		1	2	3	3	12
Porífero					1			1	2		4
TOTAL	138	151	143	142	151	195	191	193	237	234	1775

Fonte: Andrade (2010).

Segundo a pesquisa realizada, 21% dos trabalhos foram realizados com vegetais, 17% utilizando artrópodes, 12% utilizando peixes, 9% mamíferos, 9% moluscos, 5% algas, 4% bactérias, 3% aves, 2% protozoários, 2% líquens, 2% helmintos, 2% anelídeos, 1,5% anfíbios, 1,5% celenterados, 1,5% fungos, 1% equinodermos, 0,6% réptil e 0,2% poríferos (ANDRADE, 2010).

Cada grupo utilizado apresenta vantagens e limitações específicas, sendo a escolha feita de acordo com as características do ambiente a ser analisado, levando em conta os recursos disponíveis, mas de forma geral, os principais organismos utilizados na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos são os vegetais (plantas terrestres, aquáticas, algas e líquens), macroinvertebrados bentônicos e peixes (GOULART; CALLISTO, 2003).

3.3 USO DE ESPÉCIES VEGETAIS COMO BIOINDICADORES

Diversas espécies vegetais são usadas no monitoramento ambiental (MARKERT, 1993).

Entre as vantagens da utilização de vegetais como organismos bioindicadores, podemos ressaltar: fácil manipulação e tratamento; amplo registro bibliográfico e autoecologia bem definidas; metodologias padronizáveis; preço acessível; respostas rápidas e fáceis de serem avaliadas; possibilidade de quantificar (mensurar) os efeitos nocivos dos impactos e ainda a facilidade de avaliar estatisticamente os danos causados, podendo predizer possíveis impactos de longo prazo (STEUBING; JAGER, 1985).

Por apresentar grande especificidade a certos tipos de poluentes e estreita relação com os fatores ambientais, as microalgas (ou fitoplâncton) são excelentes organismos para se utilizar como bioindicadores, podendo indicar desde o estágio sucessional, quanto o estágio trófico do ecossistema aquático como um todo (IRFANULLAH, 2006).

Além disto, através do fitoplâncton (ou comunidade fitoplanctônica), também é possível estabelecer índices, criados especificamente para detectar derramamento de óleo, poluição orgânica, alteração de pH da água, lançamento de pesticidas, entre outros, que fornecem respostas rápidas e eficientes sobre a condição ambiental (BUSS, BAPTISTA; NESSIMIAM, 2003).

3.3.1 Papel bioindicador da comunidade fitoplanctônica

A comunidade fitoplanctônica é um dos indicadores de qualidade biológica recomendado na classificação do estado ecológico pela Diretiva Quadro da Água (INAG, 2009). São organismos aquáticos unicelulares, predominantemente autotróficos que podem ocorrer no plâncton ou aderidos a diversos tipos de substratos, sejam eles naturais ou artificiais (SILVEIRA, 2004).

Devido à dependência da luz solar, estes organismos habitam a zona fótica, otimizando o tempo de residência nos estratos superiores da coluna de água através de diversas adaptações como, por exemplo, flagelos, vacúolos de gás, e aumento da relação área superficial/volume (INAG, 2009).

Estas microalgas desempenham importante papel nos ecossistemas aquáticos, pois além de compor o primeiro elo com o meio abiótico, fazendo o papel de produtores primários, a composição da comunidade fitoplanctônica está diretamente relacionada com os fatores ambientais, sendo que mesmo as pequenas instabilidades no ambiente causam efeitos significativos na estruturação e dinâmica da comunidade fitoplanctônica (REYNOLDS, 2006).

De forma geral, o fitoplâncton é um grupo de indivíduos bastante variado, desde taxonômica, morfométrica até fisiologicamente, apresentando muitas especificações aos parâmetros físicos e químicos do ambiente, como por exemplo, diferentes níveis de necessidade em energia luminosa, temperatura, pH e concentração de nutrientes, sendo os atributos ecológicos da comunidade definidos pelas próprias condições ambientais (SILVEIRA, 2004).

Esta multiplicidade fisiológica do fitoplâncton permite a coexistência de diversas espécies em interação contínua num mesmo volume de água e uma distribuição espacial e sucessão sazonal da comunidade em resposta a variações dos parâmetros ambientais (INAG, 2009).

A utilização da comunidade fitoplanctônica apresenta ainda 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 dos organismos (PAULA, 2010).

Dentre as vantagens, em especial o curto tempo de geração dos organismos (em torno de 4 a 5 dias) e o fato de retirarem seu alimento diretamente da coluna de

água, a comunidade fitoplanctônica é considerada o indicador biológico direto das alterações de concentração de nutrientes na coluna de água e de pressões associadas ao processo de eutrofização, o que permite que importantes processos sejam mais bem compreendidos (INAG, 2009).

Para a interpretação da situação ambiental, o procedimento abrange o levantamento de modificações na riqueza de espécies e índices de diversidade; abundância de organismos resistentes; perda de espécies sensíveis; medidas de produtividade primária e secundária; sensibilidade a concentrações de substâncias tóxicas, entre outros (GOULART; CALLISTO 2003).

Diversos estudos têm sido realizados com base na comunidade fitoplanctônica visando entender melhor os padrões de dinâmica de nutrientes, sucessão populacional e a relação com as demais comunidades e com o ecossistema em geral. Por ser de fácil entendimento e fornecer respostas rápidas, essa comunidade têm sido relevante também na delimitação de estratégias de manejo ambiental, determinação de estimativas de fluxo energético entre os diferentes níveis da cadeia trófica, além de permitir compreender melhor a capacidade de suporte do sistema (SILVEIRA, 2004).

Além disto, a compreensão da forma como estas espécies se relacionam e estruturam, somadas a presença e ausência de organismos resistentes ou sensíveis, é o que nos indica o padrão de qualidade em que se encontra este ambiente, permitindo ampliar o conhecimento sobre a dinâmica do próprio ecossistema (GOULART; CALLISTO 2003).

No entanto, apesar de apresentar inúmeras vantagens, a aplicação da comunidade fitoplanctônica como ferramenta de programas de monitoramento participativo apresenta também algumas limitações, como, por exemplo, metodologias complexas e trabalhosas; disponibilidade de tempo e conhecimento técnico; falta de materiais didáticos para treinamento prático e acessibilidade de instrução especializada.

Para a aplicação do monitoramento com base nos organismos desta comunidade, seria fundamental a criação de índices, padrões simples e acessíveis para serem aplicados por pessoas leigas.

3.4 BIOMONITORAMENTO NO BRASIL

Atualmente, estudos sobre biomonitoramento são provenientes quase que exclusivamente 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; GONÇALVES; MORENO, 2005).

Devido ao aumento do número de pesquisas em biomonitoramento na última década (MUGNAI; 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).

3.5 O PAPEL DA SOCIEDADE NA PRESERVAÇÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

A efetiva chave para que o desenvolvimento sustentável seja tangível, está no envolvimento, sensibilização e fortalecimento da sociedade, pois o crescimento econômico deve ser centrado nas pessoas, em detrimento da produção de bens e serviços (DIAS, 2002).

Uma sociedade organizada e comprometida com a proteção do meio ambiente pode colaborar com a minimização dos danos, muitas vezes irreversíveis, de forma a aliar o desenvolvimento econômico com a conservação dos recursos naturais, alcançando o tão falado desenvolvimento sustentável (LUIZ et al, 2005)

Nesse sentido, é necessário que a sociedade se aproprie do conhecimento científico, de modo a poder ajuizar seu valor, atuando pró-ativamente na gestão ambiental (DIAS, 2002).

De acordo com as orientações preconizadas na Agenda 21, a capacitação e treinamento de pessoal comprometido a colaborar com o manejo dos recursos hídricos é fundamental, de modo a intensificar o papel das comunidades locais, utilizando a comunidade informal como ferramenta de gestão. Naturalmente, há

diversas abordagens, que vão de simples programas de conscientização ambiental, até partilha de conhecimentos técnicos adequados, permitindo a contribuição social em diferentes níveis (BUSS, 2008).

3.6 PARTICIPAÇÃO PÚBLICA NO MONITORAMENTO AMBIENTAL: BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO

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; 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 participarem 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.

A participação pública em programas de monitoramento ambiental é fundamental para o sucesso do mesmo (BUSS, 2002).

É necessário um íntimo contato com as áreas alvos de manejo, para permitir uma compreensão clara e destenciosa dos problemas relacionados aos recursos hídricos. Este contato, por sua vez, é feito pelos próprios moradores, que devido às relações sociais e culturais, também desejam solucionar os problemas associados à estes locais (CICHOSKI, 2013).

Porém, para a mesma autora, por mais que desejem contribuir com a melhoria destes ambientes, estes usuários dificilmente tem acesso as informações adequadas sobre a qualidade do ambiente em que vivem.

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).

A participação de voluntários pode contribuir para melhor gerir os recursos hídricos, se configurando em verdadeira necessidade frente a atual situação ambiental (CICHOSKI, 2013). O conhecimento científico deve responder e estar atento ao conhecimento e percepções práticas dos leigos, de modo a fortalecer a relação entre teoria e realidade (IRWIN, 1995).

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 poder público se beneficiará em contar com a produção de dados substanciais confiáveis para se embasar ao nortear seu plano de gestão (HANNAFORD; BARBOUR; RESH, 1997), uma vez que a participação pública na rede de monitoramento significa ampliar os locais não cobertos pelos órgãos ambientais, auxiliando na coleta de dados e informações mais precisas (CICHOSKI, 2013).

Baseando-se nas experiências bem sucedidas em diversos países da Europa, é consenso que o sucesso na gestão dos recursos hídricos está ligado ao

planejamento participativo, em que os próprios moradores sejam inteirados em todo o processo de melhoria da qualidade da água (CICHOSKI, 2013).

3.7 BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO NO MUNDO

Em função da necessidade de ponderar o uso e a conservação dos recursos naturais, aliada a baixa efetividade dos instrumentos utilizados até então, novas ferramentas destinadas à gestão destes recursos foram surgindo, a partir da inserção da participação pública na integração das políticas de gestão (CICHOSKI, 2013)

Embora recente no Brasil, a ideia de integrar o trabalho voluntário da população na coleta de dados ambientais já se encontra consolidada em muitos países, como os Estados Unidos, por exemplo (FIREHOCK; WEST, 1995).

Segundo o mesmo autor, desde o século 19, o programa de monitoramento participativo vem caminhando a passos lentos, mas com resultados prósperos. Entre os primeiros programas de monitoramento participativo, o Serviço Nacional de Meteorologia Norte americano incluiu a participação voluntária na coleta de dados meteorológicos, tornando as informações mais rápidas e precisas.

Na mesma época, um grupo de pescadores americanos (mais tarde denominados "*League of America*") se uniu visando proteger seus preciosos rios. Reuniram informações sobre as características químicas dos ambientes em que pescavam, e repassaram ao governo americano, utilizando estes dados para sensibilizar a opinião pública (FIREHOCK; WEST, 1995).

Mais tarde, os programas de monitoramento voluntários ficaram mais sofisticados, e passaram a incorporar técnicas biológicas nas análises de qualidade. Por volta da década de 60, os programas de monitoramento começaram a incluir medições químicas em laboratórios e na década de 70 já utilizavam *kits* para a análise física e química da água (CICHOSKI, 2013).

Segundo a mesma autora, foram inúmeros os ganhos das redes de monitoramento norte americanas com a inclusão do trabalho voluntário. A partir daí, o monitoramento participativo avançou em passos rápidos com as novas técnicas

desenvolvidas pelo Departamento de Recursos Naturais de Maryland (DNR), utilizando bioindicadores.

3.8 BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO NO BRASIL

Considerando a grande extensão continental Brasileira, grandes estudos limnológicos geralmente são complexos e de difícil realização. Embora não sejam recentes no Brasil, trabalhos de biomonitoramento incluindo a participação social, no entanto, ainda são escassos (CICHOSKI, 2013).

A carência de estudos ambientais sobre a qualidade dos recursos hídricos fica clara ao analisar dados do Programa Monitore, do Ministério do Meio Ambiente. Neste documento, são apresentados 65 projetos de monitoramento de qualidade das águas, no Brasil. Desses, 59 são de águas doces, (sendo 42 em rios). Neste montante, 26 compreendem apenas análises físicas, químicas e bacteriológicas da água, restando apenas 16 programas, que incluem algum componente biológico na análise (BUSS; BATISTA; NESSIMIAN, 2003).

Mesmo que o poder público tivesse condições de investir em um grande levantamento de dados, dificilmente estas informações seriam propagadas para os moradores das localidades, que seriam os maiores interessados. Para tal realização, é necessária a organização e presença ativa da comunidade no planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois esta possui contato diário com a área em que vive, conhecendo detalhadamente o território de estudo (CICHOSKI, 2013).

Segundo a mesma autora, os programas de monitoramento Brasileiros vêm buscando simplificar as informações e metodologias de levantamento de dados, de modo a aproximar os diálogos leigos e peritos. Um grande exemplo disso foi a criação do “índice de biomonitoramento desenvolvido para voluntários – IBVol”.

Essa ferramenta viabilizou significativamente a participação ativa da sociedade por meio da ação voluntária no projeto Agente das Águas, realizado desde 2005, na região Oeste do Paraná (BUSS et al., 2008).

Este programa é realizado em parceria entre a fundação Osvaldo Cruz – FIOCRUZ e Itaipu Binacional, inserido no contexto do programa “Cultivando Água Boa – CAB”, realizado pela Itaipu desde 2003 (CICHOSKI, 2013).

No início, o projeto foi aplicado apenas no município de Guapimirim, Rio de Janeiro, desenvolvido pela FIOCRUZ em parceria com a prefeitura municipal da cidade entre 2000 e 2004 (BUSS et al., 2008).

Devido aos bons resultados produzidos neste município, posteriormente o programa foi implementado em outros municípios nos Estados do Rio de Janeiro (Paracambi, Nova Friburgo, Rio de Janeiro e Engenheiro Paulo de Frontin), do Espírito Santo (Domingos Margins, Santa Maria de Jetibá) e do Paraná. No estado do Paraná, o programa foi desenvolvido nos rios da bacia do Rio São Francisco Verdadeiro (Rio Toledo, Lopeí e Linha Gramado) e da bacia do Rio Ocoí (Xaxim e Sabiá) em parceria com a Itaipu Binacional. Dentro deste projeto foi desenvolvido o “Programa Participativo de avaliação integrada da qualidade da água”, visando levantar dados sobre a qualidade ambiental destas bacias (CICHOSKI, 2013).

Entre outros exemplos de programas que deram certo integrando a participação voluntária, é possível citar também o programa “amigos do rio”, complementando o projeto Manuelzão, desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, parceiros que realizam o monitoramento ambiental participativo, desenvolvido nos rios da bacia do Rio das Velhas – MG desde Outubro de 2006 (PROJETO MANUELZÃO, 2015).

No estado de São Paulo, o programa de monitoramento dos recursos hídricos implementado pela Fundação SOS Mata Atlântica, denominado “A rede das águas”, vem dedicando-se a promover a participação social na gestão integrada entre água e florestas desde 1991 (SOS MATA ATLÂNTICA, 2015).

Outros trabalhos também vêm sendo desenvolvidos em menor escala, como o de Oliveira, Andrade e Paprocki (2011), que trabalharam com alunos da escola municipal José Pedro Gonçalves, na cidade Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, utilizando a comunidade de macro invertebrados bentônicos como organismos indicadores; Cichoski (2013) que fez uma avaliação do monitoramento participativo como ferramenta de aprendizagem social, na área de preservação ambiental em Embu das Artes – SP; França et al. (2008), que realizaram diversos trabalhos de conscientização sobre o biomonitoramento participativo em Minas Gerais.

Colaborando com programas citados, existe a oportunidade de implantação de programas regulares de educação ambiental nas escolas de ensino básico, aumentando, com isso, a parcela atingida da sociedade (SECCO, 1998).

A educação ambiental representa em uma forma importante de educação, cuja proposta é atingir todos os cidadãos, buscando incentivar o indivíduo a desenvolver uma consciência crítica em relação às questões ambientais (LIMA, 2003).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de organismos vivos (especialmente o fitoplâncton) para o biomonitoramento aquático mostrou-se de grande importância, pois além de eficaz, trata-se de um método de baixo custo.

Apesar disso, o biomonitoramento como forma de avaliação da qualidade ambiental ainda é pouco frequente no Brasil, devido ao baixo número de voluntários treinados e agentes formadores de recursos humanos, além de materiais simplificados e metodologias acessíveis.

Assim como os demais recursos de determinação da qualidade ambiental, o biomonitoramento exige conhecimento para que sua aplicação possa produzir bons resultados.

Desta forma, é importante reconhecer que não basta simplesmente alcançar o envolvimento da comunidade em trabalhos voluntários, sem que aja a simplificação de informações e metodologias para viabilizar a compreensão por parte do público leigo.

Como citado no decorrer do trabalho, o monitoramento ambiental utilizando organismos fitoplanctônicos produz resultados rápidos e bastante eficientes e, no entanto, não foi observada a utilização desta comunidade para o monitoramento participativo. Antes disso, as metodologias utilizadas precisam ser facilitadas e adaptadas para o manuseio dos voluntários envolvidos. Índices podem ser criados, facilitando a interpretação dos dados, assim como feito com a comunidade de macro invertebrados (IBVol) criado no programa Agente das Águas.

Para integrar a sociedade em assuntos de tamanha complexidade, como a qualidade da água, além disso, também é preciso o envolvimento de agentes dispostos a contribuir com seu conhecimento, disseminando informações e buscando formas adequadas e acessíveis de realizar tais ações

Ainda que promissor, o monitoramento ambiental, quando isolado de políticas sociais e propostas que suportem sua aplicação, pouco se traduzem em melhorias à sociedade. Toda informação que possibilite interpretar as condições ambientais é essencial para subsidiar ações de gestão e planejamento e deve ser estimulada.

A pesquisa em questão não extenua o tema, pois muito ainda há para ser feito sobre isto. Sugere-se uma abordagem mais aprofundada, assim como projetos

que coloquem em prática esta ideia. É imprescindível gerar informações que subsidiem o aprimoramento metodológico, disseminando o conhecimento para todo o território e contribuindo para que a ampliação desta ferramenta possa ser efetivada.

REFERÊNCIAS

ALBA-TERCEDOR J. **Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos**. IV SIAGA, Almeria, vol. 2, p. 203-213, 1996.

ALMEIDA, J. R.; ORSOLON, A. M.; MALHEIROS, T. M.; PEREIRA, S. R. B.; AMARAL, F.; SILVA, D. M. **Planejamento ambiental – caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum. Uma necessidade, um desafio**. Ed. Thex Ltda/Biblioteca Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 154p, 1993.

ANDRADE, H. P. **Análise cienciométrica global em bioindicadores: um panorama das tendências entre os anos 1998 a 2007**. Goiás, 2010, 93 p. Dissertação de mestrado – Mestrado em em Ciências Ambientais e Saúde da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PUC, 2010.

ARMITAGE, P. D. **Behaviour and ecology of adults**. In: The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-Biting Midges (P. D. Armitage, P. S. Cranston & L. C. V. Pinder, ed.), pp. 194-224, London: Chapman & Hall, 1995.

ARNDT, U., NOBEL, W., SCHWIZER, B. **Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse**. Stuttgart: Ulmer 1987

BARBOSA, F. A. R. (org.). Workshop: Brazilian Programme on Conservation and Management of Inland Waters. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 5. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas/Sociedade Brasileira de Limnologia, 1994.

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.

BARRETO, M. L. Ambiente e saúde. Revista Ciência e Saúde Coletiva, vol. 3, n. 2, p. 21-22, 1998.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

BOUDOU, A.; RIBEYRE, F. Aquatic ecotoxicology: From the ecosystem to the cellular and molecular level. **Environmental Health Perspectives**, vol. 105, p.21-35, 1997.

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., **Agente das águas: uma estratégia de gestão participativa dos recursos hídricos na bacia do Paraná III**. V oficina Internacional sobre desenvolvimento e gestão de reservatórios na bacia do Prata. Foz do Iguaçu, 2008.

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. Vol. 2, n. 19, p. 465-473, 2003.

CAPOLETI, C. **Biomonitoramento da qualidade da água na estação de tratamento de água Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP**. São Paulo: IPEN, Autarquia associada a Universidade de São Paulo, 2005.

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

CALLISTO, M., MORENO, P., **Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental**. 11º Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental, URI – Campus de Erechim, RS, 2006.

CICHOSKI, C. **Avaliação do monitoramento participativo como ferramenta de aprendizagem social na área de preservação ambiental Embu Verde (Embu das Artes – SP)**. São Paulo, 2013; 118 p. Dissertação de Mestrado - Mestrado em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo, 2013.

COLOMBO, S. Crescimento, desenvolvimento e meio ambiente. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, vol. 17, p. 274-285, 2006.

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

DIAS, G.F. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. São Paulo: Gaia, 2002.

FIREHOCK, K., WEST, J. A brief history of volunteer biological water monitoring using macroinvertebrate. **Journal of the North American Benthological Society**, vol. 14, n. 1, p.197-202, 1995.

FRANÇA, J. S., DANTAS, C. B., FIRMIANO, K. R., CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade da água: Transmissão de metodologias para o ensino fundamental e médio**. Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar – III MICTI, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM**, vol. 2, n. 2, p. 153-164, 2003.

HANNAFORD, M.; BARBOUR, M.; RESH, V. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitats. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, n.4, p. 853-860, 1997.

INAG, I.P. **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., 2009.

IRFANULLAH, H. M. D. Algal taxonomy in limnology: an example of the declining trend of taxonomic studies? **Hydrobiologia** vol. 559, p.1–9, 2006.

IRWIN, A. **Citizen Science. A study of people, expertise and sustainable development**. Londres: Routledge. 1995. 198p.

KARR, J.; CHU, E.W. Biological monitoring: essential foundation for ecological risk assessment. **Human and Ecological Risk Assessment**, vol. 3, p. 993-1004, 1997.

LIMA, J. S. O biomonitoramento como ferramenta complementar na avaliação de impactos ambientais: Discutindo conceitos: **EcoTerra Brasil**. Junho, 2000.

LIMA, R. T. **Percepção ambiental e participação pública na gestão dos recursos hídricos: perfil dos moradores da cidade de São Carlos, SP (baía hidrográfica do rio Monjolinho)**. São Carlos, 2003, 114 p Dissertação de mestrado - Mestrado em Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

LOUZADA, J. N. C. **Bioindicadores de qualidade ambiental**. Departamento de **Biologia**, UFL. V Congresso Brasileiro de Ecologia. Porto Alegre, RS, 2001.

LUIZ, E. J., LAVENDOWSKI, I.M.F., OLIVEIRA G.P., GUIMARÃES, E.T., DOMINGOS, M., SALDIVA, P.H.N. **Sentindo a cidade: biomonitoramento da qualidade do ar de Santo André com plantas da espécie *Tradescantia pallida* e a educação ambiental**. In: 35ª Assembléia Nacional da ASSEMAE, Belo Horizonte, 2005.

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

MARTINS, R. P. 2000. **Desenvolvimento sustentável, população e pobreza. Palestra realizada na disciplina de Bases Ecológicas do Desenvolvimento Sustentável**. Artigo disponível em < <http://www.icb.ufmg.br/~beds/>>. Acessado em 09 de Agosto de 2015.

MARKERT, B. **Plants as Biomonitors: indicators for heavy metals in the terrestrial environment**. VHC, 1993.

MATA-MACHADO, A.T. A construção de um programa de revitalização na bacia do rio São Francisco. **Estudos Avançados**. Vol. 22, n. 63, p.195-210, 2008.

MATSUURA, K. **Bioindicadores em Ecossistemas**. Unesco, 2000.

MELLO, A. L., **Metodologia participativa e biomonitoramento: promoção da saúde no distrito de Vicente de Carvalho, Guarujá, São Paulo**. São Paulo, 2010, 323 p. Tese apresentada à faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2010.

MONTIBELLER-FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. Florianópolis: ED. DA UFCS, 2004.

MOULTON, T. P. Saúde e integridade do ecossistema e o papel dos insetos aquáticos. In: *Ecologia de Insetos Aquáticos* (J. L. Nessimian & A. L. Carvalho, org.), Serie **Oecologia Brasiliensis** V, pp. 281-298, Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1998.

MUGNAI, R., GATTI, M. J., Infra-estrutura básica de suporte de suporte para o estudo de ecossistemas aquáticos. **Oecologia brasiliensis**, vol. 12, n.3, p.506-519, 2008.

OLIVEIRA, L. H. M., ANDRADE, M. A., PAPROCKI, H. Biomonitoramento participativo, com insetos aquáticos como bioindicadores de qualidade da água, realizado com alunos da escola municipal José Pedro Gonçalves, comunidade do Parauninha, Conceição do Mato Dentro, MG. **Revista Ambiente & educação**, vol. 16, n.2, 2011.

ONU. Organização das Nações Unidas.1992. **Agenda 21**. Disponível em: <[HTTP://www.agua.bio.br/botao_d_R.htm](http://www.agua.bio.br/botao_d_R.htm)> Acesso em 03 de setembro de 2012.

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 - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **CIÊNCIA HOJE**, vol. 19, n. 110, p. 40-45, 1995.

PRATT, J. M. & COLER, R. A. A procedure for the routine biological evaluation of urban runoff in small rivers. **Water Research**, vol. 10, p. 1019-1025, 1976

PROJETO MANUELZÃO. **História do Projeto Manuelzão**. Disponível em: <http://www.manuelzao.ufmg.br/sobre_o_projeto/historia>. Acesso em 20 de setembro de 2015.

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

ROCHA, C.F.D.; D. VRCIBRADIC; A.F.B. ARAÚJO. **Ecofisiologia de répteis de restingas brasileiras**, p. 117-149. In: F.A. ESTEVES; L.D. LACERDA (Eds). **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras**. Rio de Janeiro:NUPEM-UFRJ, 2000.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (ed.). **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York: Chapman; Hall, 1993

SECCO, M. F. F. V. **O Conceito de Bacia Hidrográfica como Instrumento de Educação Ambiental: uma experiência na Escola Bosque de Belém/PA. Departamento de Museologia (DMU)/Serviço de Educação e Extensão Cultural (SEC)/Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG)**. 1998.

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

STUEBING, L; JARGER, R. **Monitoring of Air Pollutants by plants**. Junk publishers, 1985.

SOUZA, T. S., FONTANETTI, C. S. **Ensaio do Cometa para Avaliação da Qualidade das Águas do Rio Paraíba do Sul, numa área sob influência de uma Refinaria de Petróleo**. 4ª ed. Campinas: PDPETRO, 2007.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Rede das águas**. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/tag/rede-das-aguas/>> Acesso em 10 de setembro de 2015.

TOMMASI, L. R. **Estudo de Impacto Ambiental**. Ed. CETESB: Terragraph Artes e Informática, 354p, 1994.

TUCCI, C.E.M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**, vol. 22, n. 63, p.97-112,2008.

TUNDISI, J.G. Recursos Hídricos no Futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, vol. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

TUNDISI, J.G.; BARBOSA, F.A.R. **Conservation of aquatic ecosystems: present status and perspectives**. In: TUNDISI, J.G., et al, (eds.). (eds.).Limnology in Brazil. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências/Sociedade Brasileira de Limnologia, p. 365-371, 1995.

US Environmental Protection Agency (USEPA). **Proposed guidelines for ecological risk assessment**: Notice. FRL-5605-9. Federal Register, 61, 1996.

WHITFIELD, J. Vital signs. **Nature**, vol. 411, n. 28, p. 989-990, 2001.