

MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA SÉRGIO AROUCA

em convênio com o

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE
ESCOLA DE SAÚDE PÚBLICA

PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* EM SAÚDE PÚBLICA

ALEXANDRE OROCZKO

**BIOINDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA:
UM LEVANTAMENTO DOS MAIS UTILIZADOS, E UMA PROPOSTA PARA A
UTILIZAÇÃO NO BIOMONITORAMENTO DA ÁGUA DE UM MUNICÍPIO PILOTO DA 2ª
REGIONAL DE SAÚDE**

Porto Alegre – RS
2009/2

ALEXANDRE OROCZKO

**BIOINDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA:
UM LEVANTAMENTO DOS MAIS UTILIZADOS, E UMA PROPOSTA PARA A
UTILIZAÇÃO NO BIOMONITORAMENTO DA ÁGUA DE UM MUNICÍPIO PILOTO DA 2ª
REGIONAL DE SAÚDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Sanitarista, do Curso de Pós-graduação *Lato sensu* em Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca em convênio com a Escola de Saúde Pública do Estado do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Antonio Leite Ruas Neto

Porto Alegre – RS
2009/2

AGRADECIMENTOS

Agradeço, aos meus familiares e amigos pelo apoio e incentivo para a realização deste Curso.

Ao meu orientador, professor e mestre Antonio Ruas, pelas sugestões, atenção e apoio dispensados.

Aos demais professores e funcionários da Escola de Saúde Pública. Todos, de alguma forma, responsáveis também pela concretização deste curso.

O homem habita dois mundos. Um é o mundo natural das plantas e dos animais, dos solos, do ar e das águas, que o precedeu em bilhões de anos e do qual faz parte. O Outro é o mundo das instituições sociais e dos artefatos que constrói para si mesmo com suas ferramentas e máquinas, sua ciência e seus sonhos, para alcançar um meio obediente aos propósitos ou direções humanos.

(WARD, Bárbara; DUBOS, René. *Una sola tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 1972, p. 31).

RESUMO

A partir do avanço do processo de industrialização e conseqüentemente com o crescimento dos grandes centros urbanos, começaram a se intensificar os processos de degradação ambiental em todo o planeta provocando impactos ambientais especialmente pela ação antrópica. Este trabalho aborda a partir de uma revisão bibliográfica, os comprometimentos em ambientes aquáticos, provocados pelo processo de desenvolvimento do homem. Sendo que a contaminação dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos, que são as fontes de água potável para suprir as necessidades de sobrevivência humana, apresenta em muitos casos, índices indesejáveis de poluição por contaminantes diversos, oriundos das indústrias, agricultura e da falta de saneamento básico em muitos locais nas regiões urbanas. O que acaba refletindo também na saúde da população. Surge então a necessidade de buscar alternativas complementares, de monitoramento da qualidade da água para consumo humano, como meio de auxiliar os métodos convencionais já existentes. Buscando apoio através da legislação existente que define os padrões de qualidade da água para consumo humano. A utilização de organismos bioindicadores no monitoramento de qualidade da água tem sido amplamente difundida, através da divulgação de diversos estudos que apresentam vários organismos com características peculiares para esse tipo de trabalho, como (protozoários, ciliados, algas, macroinvertebrados bentônicos e peixes) como sendo os mais utilizados. Destacando-se entre esse grupo os macroinvertebrados bentônicos, pelas suas características que permitem uma melhor resposta à exposição dos poluentes lançados no sistema hídrico. Apesar das pesquisas com a utilização de bioindicadores no monitoramento de qualidade da água já existentes no Brasil e no mundo. Ainda existe a necessidade de se buscar um maior avanço nestes tipos de estudos, dada a importância ambiental inserida nestes, quanto à preservação da vida no planeta.

Palavras-chave: Qualidade da água. Bioindicadores. Biomonitoramento.

LISTA DE ABREVIATURAS

CEMIG	– Companhia Energética de Minas Gerais
CNBB	– Conferência Nacional dos Bispos do Brasil
CONAMA	– Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSAN	– Companhia Rio-grandense de Saneamento
DEMAE	– Departamento Municipal de Água Esgoto (Porto Alegre)
ETA	– Estações de Tratamento de Água
FEAM	– Fundação Estadual do Meio Ambiente (MG)
FEPAM	– Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (RS)
FUNDEP	– Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (MG)
IBAMA	– Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IRGA	– Instituto Rio-grandense do Arroz
OMS	– Organização Mundial da Saúde
PAR	– Protocolos de Avaliação Rápida
POP	– Poluentes Orgânicos Persistentes
SUS	– Sistema Único de Saúde
UFMG	– Universidade Federal de Minas Gerais
USEPA	– U.S. Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Classificação e Qualidade das Águas	9
1.1.1 <i>Águas Superficiais</i>	11
1.1.2 <i>Água potável</i>	15
1.2 A Expansão Urbana e o Acesso à Água Potável	19
2 PROBLEMA.....	22
3 OBJETIVOS.....	23
3.1 Objetivo Geral.....	23
3.2 Objetivos Específicos	23
4 JUSTIFICATIVA.....	24
5 METODOLOGIA	25
6 REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
6.1 Legislação Ambiental para Água	26
6.2 Bioindicadores de Qualidade da Água	30
6.2.1 <i>O Monitoramento da água a partir do uso de bioindicadores</i>	36
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
7.1 Proposta de estudo	45
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

A partir de meados do século XIX com a expansão dos grandes centros urbanos, estimulado pela revolução industrial, começam a se intensificar os processos de degradação do meio ambiente pela ação antrópica, gerando grandes impactos ambientais.

Impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades 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; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

A poluição ambiental hoje é tratada por ecologistas no mundo todo, como um grande desafio. Especialistas na área apresentam estudos, que apontam o comprometimento de diferentes ecossistemas, alguns em níveis bastante elevados.

Os recursos naturais há muito são impactados pelas atividades humanas, mas foi somente no século XX que as questões ambientais contribuíram para redefinir a economia, a sociedade e a política (SANTOS, 2002).

O desenvolvimento urbano assim como a expansão agrícola, ocasionaram uma grande pressão sobre o meio ambiente. Pois com o avanço tecnológico, produzido para suprir o sistema produtivo vigente, começam a ser lançados grandes quantidades de resíduos contaminantes, no ambiente por diferentes vias: água, ar, terra. Todos esses ecossistemas são atingidos diariamente por uma grande variedade de agentes poluentes.

Em todo o planeta, praticamente não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência direta e/ou indireta do homem como, por exemplo, contaminação dos ambientes aquáticos, desmatamentos, contaminação de lençol freático e

introdução de espécies exóticas, resultando na diminuição da diversidade de habitats e perda da biodiversidade (GOULART; CALLISTO, 2003).

A água cobre 71% de nosso planeta, de todo esse volume hídrico apenas 0,003 % é água doce disponível para as necessidades humanas. Todo esse grande ecossistema aquático está representado por águas de superfície: mares, calotas polares, rios, lagos e águas subterrâneas.

A água doce em nosso planeta se distribui de forma bastante irregular, com regiões abundantes e outras escassas. Aproximadamente 25% da população terrestre não dispõem de água ou, quando a possui, não apresenta os padrões mínimos de potabilidade, sendo, essa uma das mais importantes causas de mortalidade humana.

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas, tais como mineração; construção de barragens e represas; retificação e desvio do curso natural de rios; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados; desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias e planícies de inundação; superexploração de recursos pesqueiros; introdução de espécies exóticas, entre outros. Todas essas atividades têm potencializado diferentes efeitos sobre os ecossistemas, como a queda da qualidade da água e a perda de biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas.

Tradicionalmente, a avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas, químicas. Esse sistema de monitoramento, juntamente com a avaliação de variáveis microbiológicas (coliformes totais e fecais), constitui-se como ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade humanas. (GOULART; CALLISTO, 2003).

O aparecimento de deficiências encontradas dentro dos métodos tradicionais de monitoramento de qualidade da água, tais como descontinuidade temporal e espacial das amostragens. A amostragem de variáveis físicas e químicas fornece somente uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica (WHITFIELD, 2001). Essas deficiências, bem como o alto custo tecnológico para os testes, apontaram a necessidade de se buscar alternativas complementares para o controle de condições da água para uso humano.

A partir de meados do século passado, iniciou-se o processo de utilização de organismos vivos, como método auxiliar de detecção de alterações perigosas da qualidade do ambiente o qual foi denominado monitoramento (AKSOY; ÖRTÜRK, 1997; GARTY; KLOOG; COHEN, 1998; XIAO et al., 1998). Sendo que esses elementos vivos utilizados nesse trabalho, foram identificados mais tarde como bioindicadores.

A utilização de bioindicadores surge como alternativa para o monitoramento da qualidade da água em ecossistemas distintos. A partir observação do comportamento de diferentes elementos vivos, foram obtidos resultados positivos, para com o uso destes em avaliações que identificam as condições dos recursos hídricos.

O monitoramento biológico é realizado principalmente através da aplicação de diferentes protocolos de avaliação, índices biológicos e multimétricos, tendo como base a utilização de bioindicadores de qualidade de água e habitat (BARBOUR et al., 1999).

Os indicadores biológicos são muito úteis por sua especificidade em relação a certos tipos de impacto, já que inúmeras espécies são comprovadamente sensíveis a um tipo de poluente, mas tolerantes a outros (WASHINGTON, 1984). Assim, índices podem ser criados especificamente para detectar derramamento de óleo, poluição orgânica, alteração de pH da água, lançamento de pesticidas, entre outros.

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 de habitats. (GOULART; CALLISTO, 2003).

Atualmente o impacto ambiental, especificamente sobre os recursos hídricos, aparece como uma questão a ser priorizada, dada a sua importância para a saúde pública. Uma vez que o comprometimento dos diversos ecossistemas que compõe a biota aquática, no Brasil e no mundo, traz implicações diretas sobre a saúde da população humana. Assim, se faz necessário conhecer os bioindicadores mais utilizados no monitoramento de qualidade da água, para consumo humano, como uma alternativa auxiliar aos métodos convencionais de controle. Tendo também que a utilização destes, apresenta uma boa resposta como dispositivo natural para análise da poluição das águas do planeta, colaborando para a proteção do meio ambiente e a preservação das espécies.

1.1 Classificação e Qualidade das Águas

Vivemos em um planeta coberto por água. Esta representa 71% da superfície do globo. Como substância vital para a manutenção da vida no planeta, a água se encontra em quase todos os locais da Terra: 97% dela se localiza em mares e oceanos e é salgada. Os 3% restantes são água doce. Desta fração 99,9% não podem ser facilmente utilizada, pois correspondem ao gelo da Antártica e outras geleiras, ou são subterrâneas e de difícil acesso. Portanto, apenas 0,003% do total de água doce encontra-se disponível para as necessidades humanas.

A quantidade de água doce produzida pelo seu ciclo natural é hoje basicamente a mesma que em 1950 e que deverá permanecer inalterada até 2050. O reabastecimento natural dos mananciais hídricos superficiais (rios, lagos, lagoas, mares e oceanos), bem como também os subterrâneos é muito importante para o ciclo de vida do planeta. O comprometimento destes devido aos processos de degradação reflete diretamente sobre vida de todas as espécies.

Os rios são coletores naturais das paisagens, refletindo o uso e ocupação do solo de sua respectiva bacia de drenagem. Os principais processos degradadores observados em função das atividades humanas nas bacias de drenagem são o assoreamento e homogeneização do leito de rios e córregos, diminuição da diversidade de habitats e microhabitats e eutrofização artificial (enriquecimento por aumento nas concentrações de fósforo e nitrogênio) (GOULART; CALLISTO, 2003).

A partir das redes de drenagem é que se compõem as grades bacias hídricas, estas formadas então por diferentes cursos de água, que se distribuem a partir de uma ordem de classificação, ou seja, principais e secundários.

O critério de bacia hidrográfica é usado porque constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas e, assim, mais facilmente interpretadas. Diz ainda que essa unidade territorial é onde os fenômenos e interações podem ser interpretados (SANTOS, 2004).

Estudos sobre as bacias hídricas mostram que diversos fatores estão relacionados às várias formas de comprometimento da qualidade da água, justamente por este mecanismo natural, se estabelecer através de um sistema de rede. Dessa forma uma porção desse sistema, comprometida por agentes poluentes, pode refletir sobre o todo.

Essa situação é particularmente notada nas áreas com elevadas densidades populacionais, especialmente em áreas urbanizadas, onde os cursos d'água são modificados, recebendo esgotos industriais e domésticos "in natura", além de sedimentos e lixo. Conseqüentemente, os ecossistemas aquáticos urbanos vêm perdendo suas características naturais e sua diversidade biológica (SCHEPP; CUMMINS, 1997).

As principais fontes poluidoras das águas superficiais e também os aquíferos subterrâneos são: pesticidas agrícolas, esgotos domésticos, dejetos industriais e depósitos de lixo a céu aberto. Essas diferentes fontes geradoras de dejetos

poluidores lançam diariamente enormes quantidades de resíduos contaminantes para dentro dos cursos d'água. Diversos estudos realizados apontam para o grande comprometimento da qualidade das águas superficiais e potáveis.

Toda água disponível hoje para consumo humano, pode ser classificada para uma análise de sua qualidade, segundo a disponibilidade de seu uso para o consumo humano. As águas superficiais e potáveis se enquadram dentro das classificações a partir de parâmetros estabelecidos pelas leis ambientais. Conhecer essas categorias se faz necessário, para entender a importância do biomonitoramento aquático enquanto alternativa para o controle de qualidade das águas inseridas dentro do seu sistema natural alimentação das grandes redes de drenagem que formam as bacias hídricas, que são as fontes naturais de abastecimento dos diversos centros urbanos e das suas respectivas populações.

1.1.1 Águas Superficiais

As águas superficiais que cobrem 71% da superfície do planeta se formam através de um fluxo contínuo, o ciclo da água que se dá basicamente através dos processos de evaporação e condensação. Toda essa grande massa hídrica (arroyos, rios, lagos, mares, oceanos, geleiras, vapor), se distribui por diversas regiões do globo sendo um valioso elemento gerador e mantenedor da vida sobre a Terra.

Atualmente no mundo todo, as questões que envolvem os recursos hídricos apontam para a preocupação com qualidade das águas superficiais. Pois as ações antrópicas decorrentes do progresso da humanidade estão comprometendo intensamente as fontes hídricas naturais.

A qualidade das águas superficiais é facilmente alterada pela adição de efluentes ao sistema de drenagem. O uso dos recursos naturais pelo homem em áreas urbanas, na indústria, em atividades agrícolas, aliado aos processos naturais como variação da precipitação, intemperismo das rochas e erosão alteram a

qualidade das águas, tornando-as inadequadas para o consumo humano, recreação, indústria e agricultura (MENDIGUCHÍA et al., 2004; VIDAL et al., 2000).

Todas as áreas degradadas e os problemas sócio-ambientais provocados por estas se devem a grande diversidade de poluentes existentes nos detritos produzidos pelas atividades antrópicas. As contaminações hídricas e ambientais continuam a ser disseminadas não só pela transformação das sociedades agrárias em urbano-industriais, mas também pelo conseqüente aumento na produção de bens de consumo para atender às populações que buscam desenfreadamente novidades tecnológicas e supérfluas. Reflexo de um modelo de sociedade que segue o padrão capitalista de consumo.

Depósitos de lixo urbanos e industriais se incluem entre as fontes mais perigosas para a contaminação do ambiente e dos recursos hídricos, mesmo aqueles construídos com projetos de proteção de suas bases e de drenagens dos efluentes. Em várias partes do mundo a contaminação das águas superficiais e subterrâneas tem sido associada a aterros sanitários e a depósitos de rejeitos industriais devido às falhas de operação ou de construção, bem como pelo desgaste das estruturas de proteção (MACFARLANE et al., 1983; KJELDSEN et al., 1998; ZHU et al., 2001; ELIS; ZUQUETTE, 2002; BUTT; ODUYEMI, 2003; OYGARD et al., 2004; MECKENSTOCK et al., 2004; BJERG et al., 2005; ACWORTH; JORSTAD, 2006).

A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, em lixões e aterros controlados, vem acarretando impactos à qualidade dos recursos hídricos superficiais. O percolado, proveniente dos Aterros de Resíduos Sólidos, quando lançado em corpos hídricos na bacia hidrográfica de influência, ocasiona alterações físicas, químicas e biológicas na qualidade da água.

As águas superficiais recebem diversos tipos de contaminantes por diferentes meios de condução. As águas contaminadas recebem o nome de residuais, que transportam substâncias para rios e mares, e vão, gradativamente, contaminando as águas.

Existem vários tipos de substâncias contaminantes, entre as mais importantes e de maior risco estão:

- a) os contaminadores orgânicos: são biodegradáveis e provêm da agricultura (adubos, restos de seres vivos) e das atividades domésticas (papel, excrementos, sabões). Se acumulados em excesso produzem a eutrofização das águas;
- b) os contaminadores biológicos: são todos aqueles microrganismos capazes de provocar doenças, tais como a hepatite, o cólera e a gastroenterite. A água é contaminada pelos excrementos dos doentes e o contágio ocorre quando essa água é bebida;
- c) os contaminadores químicos: os mais perigosos são os resíduos tóxicos, como os pesticidas do tipo DDT (chamados organoclorados), porque eles tendem a se acumular no corpo dos seres vivos. São também perigosos os metais pesados (chumbo, mercúrio) utilizados em certos processos industriais, por se acumularem nos organismos.

O Mediterrâneo, o mar do Norte, o Canal da Mancha e os mares do Japão são alguns dos mais contaminados do mundo. Os agentes contaminadores que trazem maior risco ao ecossistema marinho são:

- a) os acidentes com barcos petroleiros que provocam grandes desastres ecológicos, poluindo a água do mar;
- b) o petróleo, como consequência dos acidentes, descuidos ou ações voluntárias;
- c) os produtos químicos procedentes do continente, que chegam ao mar por meio da chuva e dos rios ou das águas residuais.

Todos esses processos de poluição já afetam intensamente a qualidade da água de uso da população em diversas regiões do planeta. Seja para consumo doméstico, recreação, atividades pesqueiras, entre outros.

A falta d'água já afeta o Oriente Médio, China, Índia e o norte da África. Até o ano 2050, as previsões são sombrias. A Organização Mundial da Saúde (OMS) calcula que 50 países enfrentarão crise no abastecimento de água.

A poluição tornou 70% das águas de rios, lagos e lagoas do Brasil impróprias para o consumo. É o que aponta relatório editado pela organização não-governamental Defensoria da Água, ligada à Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB).

O desenvolvimento urbano no Brasil está concentrado nas regiões metropolitanas, na capital dos estados e nas cidades pólos regionais. Essa forma de ocupação espacial faz surtir um efeito de sobrecarga que afeta estrutura urbana relativa a recursos hídricos, ao abastecimento de água, ao transporte e ao tratamento de esgotos cloacal e pluvial. Nas áreas de produção agrícola também se observa uma grande pressão sobre os mananciais hídricos, que recebem os resíduos provenientes dos produtos utilizados para tratamentos dos grandes plantios.

A agricultura chamada “moderna”, fundamentada em conceitos de alta tecnologia com produtividades economicamente viáveis, substitui ecossistemas naturais de enorme complexidade e diversidade por campos arados, na maioria dos casos de alta homogeneidade.

Essa interferência, mesmo sendo feita de modo racional, provoca desequilíbrios nas cadeias biológicas estabelecidas há milhares de anos. As mudanças que ocorrem no ambiente em função do uso agrícola da terra têm na qualidade da água um forte sistema sinalizador dos desequilíbrios no seu entorno (FAWCETT, 1997). Para o estabelecimento de um diagnóstico do que de fato está acontecendo ao longo do tempo, a forma mais viável de abordagem é o monitoramento da qualidade das águas tendo como unidade básica exploratória as microbacias hidrográficas (RYFF, 1995).

A contaminação das microbacias é um problema não só originado pela ação dos agentes poluentes oriundos das atividades econômicas como na agricultura. As

ocupações irregulares, de populações pobres ribeirinhas, também originam grandes quantidades de resíduos contaminantes, devido à falta de estrutura com saneamento básico. Tendo assim seus dejetos lançados diretamente em cursos d'águas (arroyos, córregos, rios), que produzem grandes impactos ambientais quando são transportados pela rede hídrica, comprometendo outros ecossistemas.

A falta de saneamento básico em muitas áreas urbanas com ocupação irregular é uma questão de saúde pública, pois toda a água contaminada consumida e utilizada pela população para quaisquer fins, dissemina uma série de doenças através dos contaminantes biológicos essas já mencionadas.

Sendo assim, toda essa problemática acaba por refletir de forma direta sobre as condições de potabilidade das águas para consumo humano. O que gera sérios impactos na saúde da população em geral.

1.1.2 Água potável

A água potável é toda aquela que pode ser consumida pelos seres humanos sem oferecer riscos a sua saúde e ao seu bem-estar. É toda a água que se encontra dentro dos padrões de consumo humano, estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde e demais órgãos de saúde de cada país.

O conceito de qualidade da água relaciona-se a seu uso e características por ela apresentadas, determinadas pelas substâncias presentes. A cada uso corresponde uma qualidade e quantidade, necessárias e suficientes. Seu padrão de potabilidade é composto por um conjunto de parâmetros que lhe confere qualidade própria para o consumo. Água potável é aquela que pode ser consumida sem risco à saúde e sem causar rejeição ao consumo (BRASIL, 2006).

A água potável é um recurso finito, que se espalha em partes desiguais pela superfície terrestre. Se, por um lado, seu ciclo natural se responsabiliza pela sua

manutenção tornando-a um recurso renovável, por outro, suas reservas são limitadas.

Nos ambientes urbanos, a obtenção de água potável é, necessariamente, dependente de soluções coletivas. Como tais, constituem, certamente, uma questão pertinente à saúde pública. As medidas que legitimam o papel do Estado como protetor da saúde pública, no que se refere à água potável, devem ser aquelas que proporcionem a todo o cidadão dispor de água em quantidade suficiente e qualidade adequada para atender suas necessidades básicas. Tais medidas são justificadas por ser a água um bem primário. Daí se infere que é razoável admitir que o Estado deva prover esse bem (PONTES; SCHRAMM, 2004).

O Estado, enquanto poder público, tem a obrigação de propiciar a população acesso à água potável dentro dos parâmetros de qualidades exigidos pelos órgãos de controle, federais, estaduais e municipais. Todas as ações envolvendo problemas relacionados às questões de qualidade da água para consumo humano, seja para fins de utilização doméstica, recreação ou também para atividades como a pesca industrial ou artesanal, ou outras. Devem ser acompanhados pelos serviços responsáveis pela captação, distribuição controle e fiscalização da água fornecida para o consumo. Também os mananciais hídricos devem ser constantemente monitorados pelos órgãos responsáveis, para que se estabeleça um controle efetivo destas fontes.

Para efeitos deste controle, foram criadas pelas esferas governamentais as leis ambientais, decretos e portarias que orientam as equipes técnicas normatizando e padronizando as especificações referentes à qualidade e à classificação das águas.

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida; considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação; considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que

trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), ratificada pelo Decreto Legislativo no 204, de 7 de maio de 2004; considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial a defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes; considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade (BRASIL, 2005. Resolução Conama Nº 357, de 17 de março de 2005).

Tendo s bases legais das diferentes esferas governamentais brasileiras, e com base também nas determinações internacionais para os níveis de qualidade das águas, temos como usos que demandam maior qualidade da água e principais parâmetros:

Preservação da vida aquática	Abastecimento doméstico	Recreação de contato Primário
<ul style="list-style-type: none"> • Oxigênio dissolvido • PH • Estado trófico • Algas • Nutrientes • Turbidez • Substâncias tóxicas (metais, agrotóxicos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidez • DBO • PH • Algas • Nutrientes • Salinidade • Substâncias tóxicas • Coliformes fecais 	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes fecais • Algas • Óleos e graxas

Quadro1 – Parâmetros de qualidade para usos
(Lei 9.984/2000 – ANA/ M.M.A)

Todos esses parâmetros para o controle da qualidade da água para o uso humano devem ser controlados, fiscalizados pelos órgãos competentes (Ministério da Saúde, Ministério do Meio Ambiente, Secretarias Estaduais, DF e Municipais de Saúde entre outros). Os departamentos responsáveis pela manutenção hídrica dos centros urbanos, possuem o amparo legal para efetuar o seu trabalho, para que possam garantir a comunidade o acesso à água com garantias de preservação desta.

Por todo território nacional espalham-se as redes de monitoramento de qualidade da água. No estado do Rio Grande do Sul, esse trabalho é realizado pela FEPAM, pela Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN) e pelo Departamento Municipal de Água Esgoto (DMAE).

O DMAE, assim como a CORSAN, é responsável por todas fases de controle da água. Antes de chegar aos consumidores, a água passa por um processo de tratamento, cuja fase inicial é a captação. Em Porto Alegre isso é feito em dois mananciais: no Lago Guaíba, de onde vêm 96,4% da água bruta, e na represa da Lomba do Sabão, que entra com 3,6% da água captada. Toda água desses dois mananciais, são periodicamente analisadas para verificação da qualidade para consumo da população.

A água captada passa pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs), seguindo as etapas do processo. O DMAE possui 8 (oito) ETAs, que produzem cerca de 5,4 mil litros de água por segundo. Cada ETA apresenta características diferenciadas, mas o tratamento segue basicamente estas etapas:

- a) captação;
- b) floculação;
- c) decantação;
- d) filtração;
- e) cloração;
- f) alcalinização;
- g) fluoretação; e
- h) distribuição.

As condições gerais de saneamento observadas, constatatadamente deficientes, sobretudo nos países do mundo em desenvolvimento, são claramente refletidas nos dados disponíveis sobre mortalidade por doenças de veiculação hídrica. No Brasil, mais especificamente na Região Norte, foram confirmados, nos últimos 20 anos, cerca de 11.613 casos de cólera, 6.653 casos de febre tifóide e 7.219 casos de leptospirose. Dentro dos preceitos básicos sobre a melhoria da qualidade de vida de uma população, encontra-se implícita a necessidade de

cobertura mais ampla dos serviços de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário, bem como do seu controle de qualidade (SÁ et al, 2005).

Segundo fontes da Organização Mundial de Saúde (OMS) e Ministério da Saúde, a maior parte da população pobre que vive em regiões onde existe a precária, ou em muitos casos, a falta total de água potável controlada e abastecida por serviços públicos responsáveis. Assim, essa população está suscetível a uma série de doenças de origem parasitária, gastrointestinal, diarréica, infecciosa, como a hepatite, cólera, leptospirose entre outras.

Na atualidade, a OMS é a instituição que acompanha e recomenda os valores máximos permitidos, a partir dos estudos toxicológicos realizados em todo o mundo e publicados em diferentes revistas e eventos científicos especializados no tema. Alguns países, como os Estados Unidos, o Canadá, e a Comunidade Européia, apesar de se basearem também nas recomendações da OMS, estimulam pesquisas toxicológicas e bioensaios que, reciprocamente, acabam servindo de referência tanto para a OMS como para os demais países. Todas as normas de potabilidade no Brasil seguem basicamente os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde no *Guidelines for Drinking-Water Quality* (WHO, 1996).

1.2 A Expansão Urbana e o Acesso à Água Potável

Estudos diversos mostram que a aceleração da expansão urbana trouxe em seu processo sem planejamento ou com um planejamento deficiente, muitos problemas no que se refere às questões ambientais, especificamente aos relacionados ao abastecimento e ao acesso de água potável.

Esse modelo de urbanização foi caracterizado pela “aparente” desordem dos espaços urbanos, porém ordenado, segundo a lógica de reprodução do capital. A expansão urbana, num primeiro momento, seguiu o padrão periférico, no qual as áreas centrais e dotadas de infra-estrutura de serviços urbanos foram destinadas à população de alta renda, enquanto as áreas periféricas distantes do centro e

desprovidas dos serviços urbanos básicos foram ocupadas pelas camadas mais pobres da população, que passaram a praticar a técnica de autoconstrução de suas moradias, muitas vezes situadas em loteamentos ilegais e clandestinos (ROLNIK ET al., 1990, p. 13).

O comprometimento das redes hídricas se deu sem dúvida, devido a este processo desenfreado de urbanização, bem como as ocupações irregulares também originadas a partir deste. Com isso, surge a necessidade de um maior controle e acompanhamento dessas fontes naturais de água. Assim aumentam de forma bastante significativa, o desenvolvimento de trabalhos na área de monitoramento hídrico.

Os trabalhos desenvolvidos na área de controle de qualidade da água potável contam com as legislações e o apoio de vários setores responsáveis, como as Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde. Esses órgãos, através de programas e sistemas implantados, como por exemplo o SISÁGUA e o VIGIÁGUA, trabalham com a alimentação de bancos de dados, feito por meio de equipes técnicas das áreas das vigilâncias sanitária, ambiental e epidemiológica, que supervisionam e analisam estes para fins de monitoramento.

Em relação à geração de dados, à análise e à disseminação da informação, devemos lembrar que, nas discussões e propostas do modelo de vigilância em saúde no início dos anos 90, a coleta de dados era uma atividade que envolvia os três níveis de governo (federal, estadual e municipal), de modo a assegurar a elaboração de indicadores, assim como a consolidação e análise dos mesmos de forma a permitir o acompanhamento das condições de saúde da população. O âmbito estadual, por exemplo, seria responsável por manter o fluxo adequado das informações que permitissem o acompanhamento das condições de saúde da população. Entretanto, o que se verifica na atualidade é completamente distinto. Em um levantamento recente realizado por Bezerra et al. (2004), em 2003, verificou-se que 78% dos Estados e o Distrito Federal alimentam o banco de dados do Sisagua com informações sobre os sistemas de abastecimento, que, por sua vez, recebem informações dos municípios (FREITAS, M.; FREITAS, C., 2007).

A partir do conhecimento dessas ferramentas é importante salientar a necessidade da atualização desses bancos de informações para a realização levantamentos para fins de controle e planejamento das gestões públicas. Pois é com o respaldo das leis específicas para proteção ambiental, somado aos dispositivos de sistemas de informação, controle e avaliação, é que se constroem os projetos para a solucionar os impactos ambientais relativos à água, oriundos da falta de planejamento urbano.

2 PROBLEMA

Com o avanço dos impactos ambientais sobre os ambientes aquáticos, provocados principalmente pelas ações antrópicas, ampliam-se as discussões, com abordagens ambientais, sobre a contaminação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde da população.

Com a preocupação de buscar soluções, para auxiliar o monitoramento da água para consumo humano a partir dos métodos convencionais já existentes, é necessário conhecer, a partir da literatura existente sobre a utilização de organismos bioindicadores no monitoramento da qualidade para consumo humano, quais os mais utilizados, em trabalhos de biomonitoramento da água para avaliação da qualidade desta.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Relacionar o uso de bioindicadores na detecção de processos de poluição com o monitoramento da qualidade da água para a saúde humana

3.2 Objetivos Específicos

- a) levantar, na literatura dos últimos 20 anos sobre as diferentes espécies utilizados como bioindicadores de poluição da água, bem como suas diferentes formas de utilização experimental;
- b) identificar, dentre as espécies encontradas, as mais utilizadas como bioindicadores da qualidade da água no Brasil e no mundo;
- c) conhecer os contaminantes encontrados na água que mais afetam a saúde humana;
- d) propor a criação de um projeto piloto de monitoramento, para a utilização de bioindicadores de qualidade da água, em um município pertencente a 2ª Regional de Saúde.

4 JUSTIFICATIVA

Atualmente o impacto ambiental, especificamente sobre os recursos hídricos, aparece como uma questão a ser priorizada dada, a sua importância para a saúde pública. Uma vez que o comprometimento dos diversos ecossistemas que compõe a biota aquática, no Brasil e no mundo, traz implicações diretas sobre a saúde da população humana.

As alterações na qualidade da água, resultantes de ações antrópicas, se manifestam pela redução da biodiversidade aquática decorrente da desestruturação do ambiente físico, químico e também de alterações na dinâmica e estrutura das comunidades biológicas, sendo assim o uso de bioindicadores, permite uma avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição (CALLISTO et al., 2001a).

Assim se faz necessário conhecer os bioindicadores mais utilizados no monitoramento de qualidade da água, para consumo humano, como uma alternativa auxiliar aos métodos convencionais de controle. Tendo também que a utilização destes, apresenta uma boa resposta como dispositivo natural para o controle e análise da poluição das águas do planeta a custos baixos, colaborando para a proteção do meio ambiente e para a preservação das espécies, buscando um desenvolvimento sustentável.

5 METODOLOGIA

Revisão sistemática na literatura utilizando como ferramenta de busca os *sites* Pubmed, Scielo/Saúde Pública, CAPES Periódicos, bem como o uso de legislações ambientais específicas do CONAMA relacionadas a contaminantes encontrados na água para consumo humano e padrões de referência. Essa revisão foi dividida em duas etapas:

- a) a primeira etapa foi a procura por descritores nos *sites*;
- b) a segunda etapa foi o estabelecimento de critérios para refinar os resultados.

Os critérios utilizados para o refino da busca foram: abrangência temporal dos estudos definidos entre os anos de 1989 e 2009, o idioma, textos em português, inglês e espanhol. Os descritores utilizados para as buscas foram: contaminantes da água, ambientais e atmosféricos, bioindicadores da qualidade da água.

6 REFERENCIAL TEÓRICO

6.1 Legislação Ambiental para Água

A legislação ambiental, como outras, busca através de suas leis, portarias, decretos, normas, resoluções a regulamentação e orientação sobre tudo o que diz respeito às políticas ambientais. O meio ambiente é uma das preocupações centrais de todas as nações e, atualmente, é um dos assuntos que despertam grande interesse em todos os países, independentemente do regime político ou sistema econômico. As conseqüências dos danos ambientais não se confinam mais aos limites de determinados países ou regiões, mas ultrapassam fronteiras e, costumeiramente, atingem regiões distantes (MONTE BLANCO; LINK, 2001).

Atualmente, os impactos ambientais, originados pela ação antrópica, podem ser previamente avaliados. Há algumas décadas passadas, a ação do homem sobre o ambiente e seus respectivos efeitos, não era analisada nem avaliada a partir de parâmetros específicos. Para uma mensuração do nível de comprometimento dessas intervenções sobre os diversos ecossistemas existentes sobre o planeta, são necessários dispositivos, orientadores legais, que estabeleçam as normas a serem seguidas para a exploração desses ambientes.

A legislação ambiental foi criada, e vem sendo aperfeiçoada, para que o meio ambiente seja protegido, e os cidadãos possam exigir essa atitude do poder público e também de outros cidadãos. Foram instituídas leis para proteger ambientes frágeis ou especiais, pelas suas características e sua importância ecológica, visando garantir o direito de todos ao ambiente saudável e equilibrado. (JACOVINE et al., 2008).

Todo e qualquer espaço natural necessita de uma regulamentação para seu uso. As águas, com seus diversos ambientes, possuem leis específicas para fins de proteção e garantia de preservação de reservas e para consumo humano. Essas leis

devem orientar os trabalhos de fiscalização para uso dos recursos hídricos nos corpos de água (mares, rios, lagos, lagoas, arroios, ...).

As leis que regulam a exploração dos recursos hídricos são diversas e buscam abranger todo tipo de evento ou ação, associada aos ambientes aquáticos. Uma vez que a interferência antrópica sobre esses meios é bastante intensa e existe uma ampla diversidade aquática, as leis que estabelecem normas, parâmetros e orientações sobre a exploração desses mananciais para quaisquer fins (doméstico, lazer, pesca ou outros), precisam ser bem definidas e claras. Pois a clareza dessas normas é importante para que sejam aplicadas de maneira que produzam resultados eficazes.

Os dispositivos legais que regulam a utilização dos diversos tipos de recursos hídricos identificam uma série de conceitos, como, por exemplo, o de vigilância de qualidade da água para consumo humano, que são necessários para a avaliação adequada dessa substância.

A vigilância da qualidade da água para consumo humano é conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública, para verificar se a água consumida pela população atende aos parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde, e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana (BRASIL, 2005. Decreto nº 5440, maio 2005).

A partir dessa e de outras definições (controle de qualidade, água potável...), essa legislação específica estabelece as orientações necessárias para o desenvolvimento dos trabalhos de controle de qualidade da água para o consumo e abastecimento da população humana. Também a partir do seu artigo segundo, estabelece a competência das atividades de fiscalização nos seus diferentes âmbitos.

Art. 2º: a fiscalização do cumprimento do disposto no Anexo será exercida pelos órgãos competentes dos Ministérios da Saúde, da Justiça, das Cidades, do Meio Ambiente e autoridades estaduais, do Distrito Federal, dos Territórios e

municipais, no âmbito de suas respectivas competências. (BRASIL, 2005. Decreto nº 5440, maio 2005).

Toda a legislação ambiental sobre água, independente da sua esfera de aplicabilidade, deverá estar sempre pautada por normas e orientações, que instrumentalizem os órgãos competentes, juntamente com seus técnicos e autoridades gestoras, para que o cumprimento destas, se de forma efetiva a partir das ações fiscalizadoras.

O Ministério da Saúde, dentro de suas atribuições com a saúde pública, busca através da portaria 518/2004 (revisão da GM nº 36/1990) que norteia as questões sobre a qualidade da água, um avanço conceitual e metodológico por:

- a) procurar incorporar a que há de mais recente no conhecimento científico;
- b) assumir um caráter efetivo e simultâneo de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, em consonância com a nova estrutura de vigilância ambiental e com princípio de descentralização previsto no Sistema Único de Saúde (SUS);
- c) induzir a atuação harmônica e integrada entre os responsáveis pelo controle e pela vigilância da qualidade da água, sempre sob a perspectiva da avaliação de riscos à saúde humana;
- d) preencher lacunas de atribuição de competência e responsabilidades perante a legislação e o público consumidor.

Assim o princípio norteador da revisão foi o de que a legislação deveria constituir um instrumento efetivo de proteção a saúde, a partir das seguintes premissas:

- a) universalidade de aplicação;
- b) funcionalidade;
- c) atualidade;
- d) aceitação;
- e) aplicabilidade;

f) equidade.

A portaria então apresenta as normas de qualidade da água para o consumo humano, definindo os conceitos que norteiam a potabilidade da água, como também os deveres e responsabilidades dentro de cada esfera (Federal, Estadual e Distrital e Municipal). E estabelece também em seu artigo 11 o padrão de potabilidade.

Art.11: a água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme Quadro 2 , a seguir:

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml

Quadro 2 – Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano
Fonte: Ministério da Saúde Portaria nº 518/2004

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) A detecção de Escherichia coli deve ser preferencialmente adotada.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) também busca através de sua resolução de nº 357 de março de 2005 dispor sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes.

Art. 10: esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Pesquisas diversas sobre monitoramento de qualidade de águas, trabalham com o uso dos parâmetros estabelecidos nessas legislações, para estabelecer comparações quanto aos padrões que definem as condições de uso da água para o consumo humano.

6.2 Bioindicadores de Qualidade da Água

A aceleração dos processos de poluição dos mananciais aquáticos, nas últimas décadas, em todo o planeta, criou a necessidade de buscar alternativas que pudessem auxiliar o monitoramento da qualidade da água de forma mais eficiente que os métodos tradicionais. Dessa forma, as pesquisas com bioindicadores no monitoramento da qualidade da água tem tido um grande avanço, apresentando excelentes resultados, na direção de um desenvolvimento sustentável.

Bioindicadores são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, quantidade e distribuição indicam a magnitude de impactos ambientais em um ecossistema aquático e sua bacia de drenagem (CALLISTO; GONÇALVES, 2002). Sua utilização permite a avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição. Além disso, o uso dos bioindicadores é mais eficiente do que as medidas instantâneas de parâmetros físicos e químicos (p.ex. temperatura, pH, oxigênio dissolvido, teores totais e dissolvidos de nutrientes, etc.) que são normalmente medidos no campo e utilizados para avaliar a qualidade das águas. A Agência de Controle Ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency – USEPA) e a Diretriz da União Européia (94C 222/06, 10 de agosto de 1994) recomendam a utilização de bioindicadores como complemento às informações sobre a qualidade das águas.

Dentre os bioindicadores há grupos de espécies diretamente relacionados a um determinado agente poluidor ou a um fator natural potencialmente poluente (p.ex.: altas densidades *Oligochaeta* – “minhocas d’água” – e de larvas vermelhas de *Chironomus*, Diptera, em rios com elevados teores de matéria orgânica). Sendo esses organismos importantes para avaliações de impactos e integridade das comunidades que habitam mananciais hídricos.

Os bioindicadores mais utilizados são aqueles que conseguem diferenciar entre fenômenos naturais (mudanças de estação períodos de chuva e seca) e estresses de origem antrópica relacionados a fontes de poluição pontuais ou difusas. (CALLISTO et al. 2003).

Existem diversos bioindicadores utilizados para o monitoramento de qualidade da água (protozoários, ciliados, algas, macroinvertebrados bentônicos e peixes). Os principais organismos comumente utilizados na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos são os macroinvertebrados bentônicos, peixes e comunidade perifítica. Dentre esses grupos, as comunidades de macroinvertebrados bentônicos têm sido freqüentemente utilizadas na avaliação de impactos ambientais e monitoramento biológico.

Macroinvertebrados bentônicos são organismos que habitam o fundo de ecossistemas aquáticos durante pelo menos parte de seu ciclo de vida, associado aos mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos (folhiço, macrófitas aquáticas), quanto inorgânicos (cascalho, areia, rochas, etc.) (ROSENBERG; RESH, 1993). Dentre eles predominam as larvas de insetos aquáticos, minhocas d’água, caramujos, vermes e crustáceos, com tamanhos de corpo maiores que 0,5mm. O uso desses organismos como bioindicadores é baseado em um princípio simples: submetidos a condições adversas, os organismos se adaptam ou morrem. Os organismos que vivem em um dado ecossistema estão adaptados às suas condições ambientais e por isso devem refletir o nível de preservação de condições naturais ou as alterações provocadas pela emissão de poluentes ambientais.

O estudo ecológico desses organismos como bioindicadores de qualidade de água, apesar de recente para nós (menos de 20 anos), é amplamente utilizado em

diversos países da Europa (p. ex.: Inglaterra e Espanha), Austrália, Estados Unidos e Canadá. Dentre esses países, os Estados Unidos apresentam-se em um estágio mais avançado quanto à utilização dos macroinvertebrados e outros grupos de organismos na avaliação de impactos ambientais. Para se ter uma idéia, dos 50 estados que constituem o país, 42 utilizam índices biológicos multimétricos, e seis estados estão desenvolvendo abordagens de avaliação biológica (KARR, 1998).

Diversas pesquisas realizadas sobre a utilização de bioindicadores para a detecção dos impactos ambientais sobre ambientes aquáticos dão ênfase aos macroinvertebrados bentônicos. Existem várias razões para esta utilização:

- a) os macroinvertebrados bentônicos possuem hábito sedentário, sendo, portanto, representativos da área na qual foram coletados;
- b) apresentam ciclos de vida relativamente curtos em relação aos ciclos dos peixes e irão, portanto, refletir mais rapidamente as modificações do ambiente através de mudanças na estrutura das populações e comunidades;
- c) os macroinvertebrados vivem e se alimentam dentro, sobre, e próximo aos sedimentos, onde as toxinas tendem a acumular;
- d) as comunidades de macroinvertebrados bentônicos apresentam elevada diversidade biológica, o que significa em uma maior variabilidade de respostas frente a diferentes tipos de impactos ambientais; e
- e) os macroinvertebrados são importantes componentes dos ecossistemas aquáticos, formando como um elo entre os produtores primários e servindo como alimento para muitos peixes, além de apresentar papel fundamental no processamento de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (ROSENBERG; RESH, 1993; WARD et al., 1995; REECE; RICHARDSON, 1999; CALLISTO et al., 2001).

Essas espécies de bioindicadores além de possuírem uma grande diversidade biológica, que amplia a variedade de respostas, aos diferentes processos de poluição aquática. Elas possuem também um elevado potencial de

sensibilidade, produzindo assim uma boa resposta à inserção de contaminantes no meio.

Os bioindicadores macroinvertebrados bentônicos podem ser classificados quanto à tolerância diante de adversidades ambientais em três grupos principais:

- a) 1º Grupo: ordens de insetos aquáticos Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera: são caracterizados por organismos que possuem necessidade de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Normalmente são habitantes de ambientes com alta diversidade de habitats e microhabitats;
- b) 2º Grupo: é formado por uma ampla variedade de insetos aquáticos e outros invertebrados, incluindo moluscos, bivalves, algumas famílias de Diptera e, principalmente, por representantes das ordens Heteroptera, Odonata e Coleoptera embora algumas espécies destes grupos sejam habitantes típicos de ambientes não poluídos. A necessidade de concentrações elevadas de oxigênio dissolvido é menor, uma vez que parte dos representantes deste grupo, como os Heteroptera, adultos de Coleoptera e alguns Pulmonata (Gastropoda) utilizam o oxigênio atmosférico. O requerimento da diversidade de habitats e microhabitats também diminui, em função de uma maior plasticidade do grupo (muitos heterópteros e coleópteros vivem na lâmina d'água ou interface coluna d'água-superfície);
- c) 3º Grupo: é formado por organismos extremamente tolerantes, por isso chamados de resistentes. É formado principalmente por larvas de Chironomidae e outros Diptera e por toda a classe Oligochaeta. Esses organismos são capazes de viver em condição de anóxia (depleção total de oxigênio) por várias horas, além de serem organismos detritívoros, se alimentando de matéria orgânica depositada no sedimento, o que favorece a sua adaptação aos mais diversos ambientes. Tanto os Oligochaeta quanto os Chironomidae são organismos de hábito fossorial, não possuindo nenhum tipo de exigência quanto à diversidade de habitats e microhabitats.

A distribuição e diversidade de macroinvertebrados são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, morfologia do ecossistema, quantidade e tipo de detritos orgânicos, presença de vegetação aquática, presença e extensão de mata ciliar, e indiretamente afetados por modificações nas concentrações de nutrientes e mudanças na produtividade primária (WARD et al., 1995; GALDEAN et al., 2000).

Os bioindicadores macroinvertebrados bentônicos são muito utilizados no monitoramento da qualidade da água por possuírem as seguintes características:

- a) ciclo de vida longo comparados a outros organismos dos plânctons (ciclo de vida curto), podendo ter um ciclo de vida de meses e até mais de um ano, o que os caracteriza como “organismos sentinela”;
- b) em geral são grandes, de pouca mobilidade, o que facilita a amostragem diferentemente dos organismos nectônicos, como os peixes;
- c) fácil amostragem e custos relativamente baixos;
- d) grande diversidade e de identificação relativamente fácil;
- e) sensíveis às variações de concentração contaminantes, apresentando boa resposta aos diferentes níveis de contaminação ambiental.

Muitos macroinvertebrados bentônicos são detritívoros, alimentando-se de matéria orgânica produzida na coluna d'água. Esses organismos são importantes componentes na dieta de peixes, representando importante ligação entre a produção pelágica e os níveis tróficos superiores na ambiente aquático. Em programas de biomonitoramento é usual avaliar as necessidades ambientais de todas as espécies de um determinado conjunto de organismos. Um exemplo é a classificação dos grupos tróficos funcionais (GTF ou “guildas”) de espécies e ciclos de vida. Os GTF representam espécies com estratégias reprodutivas similares, hábitos alimentares e/ou preferência de habitats específicos (CALLISTO et al., 2001).

Os macroinvertebrados bentônicos, dentro dos diferentes ecossistemas, possuem um papel de grande importância, justamente pela posição intermediária que ocupam dentro da cadeia alimentar. Também sendo importantes no processo de

decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, por se alimentarem desses detritos.

Mudanças na estrutura de comunidades macrobentônicas em uma escala espacial têm sido utilizadas como importantes ferramentas ecológicas em monitoramento de fontes poluidoras (SANDIN; JOHNSON, 2000). Além disso, esses estudos têm sido úteis na descrição de alterações no estado trófico de ecossistemas aquáticos continentais (CALLISTO et al., 2004).

As mudanças que se sucedem na estrutura das comunidades bentônicas alternam-se de complexas e diversas com organismos próprios de águas limpas e, portanto, intolerantes à poluição, a simples e de baixa diversidade, com organismos capazes de viver em águas contaminadas, variando como reflexo direto dos efeitos da contaminação doméstica e industrial (WARD, 1992).

As alterações que ocorrem nas estruturas das comunidades bentônicas de complexas e diversas a simples e de baixa diversidade possibilitam a ampliação de utilização destes organismos dentro dos diferentes níveis de contaminação da água e seus diversos agentes.

O uso de bioindicadores ambientais tem se tornado comum entre a comunidade científica. Vários autores/pesquisadores têm apresentado ótimos resultados a partir da utilização de organismos em projetos de biomonitoramento ambiental, dentre esses, os macroinvertebrados bentônicos (CALLISTO; MORENO, 2006).

Assim, o uso de bioindicadores, em especial os macroinvertebrados bentônicos, pode refletir o impacto ambiental de atividades antrópicas sobre a biota, incluindo a saúde do ecossistema aquático e a qualidade da água (PIEDRAS et al., 2006).

Para Callisto e Moreno (2006), o uso de macroinvertebrados bentônicos pode proporcionar êxito devido ao baixo custo, rapidez e eficiência dos resultados, sendo uma ferramenta de manejo, conservação e gestão ambiental, inclusive, tendo papel político-social

Todos os outros tipos de bioindicadores de qualidade da água citados (protozoário, ciliados, algas e peixes), possuem respostas significativas quanto à utilização para o biomonitoramento. Porém como já mencionado, devido a todas às características que possuem, o que amplia seus campos de respostas quando em contato com agentes poluidores, os macroinvertebrados são os mais utilizados nos diversos trabalhos desenvolvidos sobre biomonitoramento da qualidade da água.

6.2.1 O Monitoramento da água a partir do uso de bioindicadores

Biomonitoramento pode ser definido como o uso ordenado, partindo da análise das respostas de organismos vivos, para a avaliação do grau de comprometimento de um determinado ecossistema pela ação de agentes poluidores. Estes geralmente provocados por ação antrópica.

O monitoramento biológico é realizado principalmente através da aplicação de diferentes protocolos de avaliação, índices biológicos e multimétricos, tendo como base a utilização de bioindicadores de qualidade de água e habitat. Os principais métodos envolvidos abrangem o levantamento e avaliação 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 (ensaios ecotoxicológicos), entre outros (BARBOUR et al., 1999). O biomonitoramento da água, mais especificamente, é definido por esse tipo trabalho com organismos vivos chamados de bioindicadores da qualidade da água.

O uso de parâmetros biológicos para medir a qualidade da água se baseia nas respostas dos organismos em relação ao meio onde vivem. Como os rios estão sujeitos a inúmeras perturbações, a biota aquática reage a esses estímulos, sejam eles naturais ou antropogênicos. A habilidade de proteger os ecossistemas depende da capacidade de distinguir os efeitos das ações humanas das variações naturais, buscando categorizar a influência das ações humanas sobre os sistemas biológicos (CAIRNS JR. et al., 1993). Nesse contexto, a definição de biomonitoramento mais

aceita é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas (MATTHEWS et al., 1982).

Com o aumento da poluição dos recursos hídricos, o monitoramento a partir do uso de organismos vivos representa uma alternativa bastante viável, por ter um baixo valor de custeio enquanto processo de controle de qualidade da água, se comparado aos métodos tradicionais. Pois o custo do tratamento de reserva de água já poluída é muito maior do que o de uma sem contaminação.

Alguns números podem demonstrar isso. O tratamento de 1m³ de água de boa qualidade custa quatro vezes menos do que é gasto com o tratamento da mesma quantidade de água de um rio poluído (GOULART; CALLISTO, 2003). Além disso, cada real aplicado em água e esgoto poupa R\$4,30 em saúde. De acordo com o médico sanitário, Marcelo Chiaperini, isso certamente ajudaria a diminuir a média de 238 óbitos/dia causados por doenças provocadas pela água contaminada e dois terços das internações hospitalares no SUS, incluídos os adultos. Infelizmente, tem-se observado o crescimento de fontes poluidoras, em especial o lançamento de esgotos e efluentes industriais nos leitos dos nossos rios.

A primeira abordagem visando à determinação de indicadores biológicos da qualidade das águas, com bases científicas, foi feita com bactérias, fungos e protozoários na Alemanha por Kolkwitz e Marsson (1909). Como praticamente qualquer grupo pode ser utilizado em programas de monitoramento, foram desenvolvidas metodologias de avaliação para macrófitas aquáticas (BEST, 1990; HASLAM, 1982), peixes e macroinvertebrados. A utilização da comunidade de peixes com essa finalidade tem sido extensamente implantada, principalmente nos Estados Unidos (CAIRNS JR.; van DER SCHALIE, 1980; FAUSCH et al., 1990; KARR, 1981; KARR et al., 1986), inclusive com proposta de uso em programas em todo o país (FAUSCH et al., 1984; PLAFKIN et al., 1989). Apesar do desenvolvimento de metodologias de avaliação com diversos organismos, vários autores afirmam que o grupo de macroinvertebrados bentônicos é o mais testado e utilizado (BARBOUR et al., 1999; KERANS; KARR, 1994; ROSENBERG; RESH, 1993). Segundo Plafkin et al. (1989).

Então a partir desses primeiros experimentos de monitoramento de qualidade da água com a utilização de bioindicadores, outros vários trabalhos nessa linha começaram a ser desenvolvidos.

O uso de macroinvertebrados nos programas de monitoramento da qualidade das águas nos Estados Unidos passou por duas importantes transições. Por volta de 1960, o uso preponderante era de abordagens qualitativas, baseadas no sistema de saprobidade. A primeira transição ocorreu na década de 1970, quando passou a ser enfatizada uma abordagem quantitativa para o cálculo de índices de diversidade. A segunda transição foi uma volta às abordagens qualitativas na implantação dos *rapid assessment approaches* ou Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) da qualidade da água (RESH; JACKSON, 1993).

Nos PAR, uma ou mais medidas bioindicadoras podem ser utilizadas. Essas medidas podem estar associadas a diferentes níveis hierárquicos de organização (espécie, populações ou comunidades) e podem ser divididas em cinco categorias:

- a) número de espécies (riqueza);
- b) enumerações (abundância dos grupos taxonômicos);
- c) diversidade e similaridade entre comunidades;
- d) medidas tróficas; e
- e) índices bióticos.

Esses protocolos se baseiam em comparações entre locais "referência" (considerados controle por apresentarem excelentes condições de integridade ambiental) e as áreas a serem analisadas.

O avanço das abordagens metodológicas permitiram que se estabelecesse uma melhor e mais rápida avaliação dos monitoramentos dos recursos hídricos, buscando priorizar abordagens mais qualitativas.

O uso de bioindicadores de qualidade de água, para monitorar bacias hidrográficas, é amplamente utilizado nos países desenvolvidos, tendo se constituído inclusive em normas técnicas nacionais em vários países da Europa,

como a Alemanha através da DIN (JUNQUEIRA et al., 2000). No Brasil, no entanto, seu emprego ainda é muito restrito.

Para utilizar bioindicadores de qualidade de água, é necessária a obtenção de informações científicas. Especificamente, é necessário saber quais são as comunidades biológicas que devem ser monitoradas em um ecossistema aquático, como monitorá-las, analisar estatisticamente e interpretar os dados, e também qual será o custo do monitoramento (financeiro, recursos técnicos, infra-estrutura). O desenvolvimento de um programa de biomonitoramento adequado depende de critérios, padrões e avaliação dos riscos de ocorrência de impactos ambientais. As informações científicas obtidas devem ser prontamente disponibilizadas para as agências governamentais de controle ambiental (p. ex.: FEAM, IBAMA e Secretarias de Meio Ambiente), por intermédio de relatórios sintéticos, objetivos e de fácil compreensão, elaborados por especialistas com comprovada experiência, que relatem os resultados das pesquisas científicas e de como estes devem ser utilizados para as soluções de problemas ambientais. (CALLISTO et al., 2003).

O Brasil apesar de ainda incipiente, já possui vários trabalhos desenvolvidos em diversos seguimentos e empresas com o monitoramento de recursos hídricos com a utilização de bioindicadores.

Diversos são os projetos concluídos, em andamento ou em fase de contratação realizados pela equipe do Laboratório de Ecologia de Bentos do ICB/UFMG e gerenciados pela FUNDEP. A equipe do Laboratório vem realizando, com assessoria administrativa da FUNDEP, atividades de ensino, pesquisa e consultoria ambiental em projetos de avaliação de qualidade de água em bacias hidrográficas naturais e que sofrem com a ação humana. Já foram e continuam sendo realizados trabalhos para empresas como Petrobrás, Mineração Rio do Norte, CEMIG, FEAM, Mineração Anglogold.

No Estado do Pará, desde a década de 80 seus rios vêm sofrendo pressão com a grande quantidade de substâncias poluentes lançadas em seus cursos, devido ao avanço de indústrias principalmente de exploração mineral. Então no início de 2008 foi criado um projeto para avaliar os aspectos físicos, químicos e

biológicos dessas águas, detectando os níveis de metais pesados como mercúrio e alumínio entre outros. Projeto esse baseado na definição de organismos aquáticos como potencial para utilização como bioindicadores da qualidade da água.

O Núcleo busca estudar peixes elétricos da ordem Gymnotiformes, conhecidos como Ituí, quanto a sua biodiversidade genética e morfológica e seu potencial como bioindicador. A escolha pelo Ituí deve-se ao fato de o peixe ser encontrado em toda a Bacia Amazônica e, mesmo a pequenas variações de estresse ambiental, seu campo elétrico sofrer alterações significativas. Essas alterações apontando então para a presença de substâncias poluidoras nesses mananciais hídricos.

O lançamento de efluentes industriais em curso hídrico impõe significativo risco aos ecossistemas, devido principalmente à sua composição química, contendo, em alguns casos, toxinas, que podem ser genotóxicas (VARGAS et al., 2001). Nos últimos anos, muitos ensaios foram realizados com o objetivo de avaliar a genotoxicidade de poluentes lançados no ambiente, como, estudos ecológicos, toxicológicos e químicos, avaliando a poluição por metais pesados em Le an River (China) (MENGCHANG et al., 1998); avaliação de genotoxicidade em ambientes aquáticos sob a influência de metais pesados e contaminantes orgânicos (VARGAS et al., 2001); monitoramento de metais pesados no meio ambiente em peixes do lago Nasser (Egito) (RASHED, 2001).

Todos esses trabalhos são de grande relevância dada a gravidade da questão genotóxica, trazida nessas abordagens, pois esses estudos mostram que esse tipo de contaminação, pode produzir efeitos a longo prazo, através de sérios danos no DNA, e conseqüentemente o desenvolvimento de doenças hereditárias.

Estudos com monitoramento da qualidade da água, utilizando os macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas aroícolas e pelos de origem urbano industrial comprovam a eficácia deste tipo de monitoramento tendo como indicadores organismos vivos.

A contaminação de mananciais por agrotóxicos está entre os pontos de alerta, uma vez que os métodos usuais de tratamento de água podem não ser capazes de remover esses produtos (BARBOSA, 2004; FARIA et al., 2007). Peixes e invertebrados aquáticos, que são sensíveis às variações dos parâmetros ambientais, estão sendo utilizados como modelos para testes de poluentes (BARBIERI et al., 1998). Dentre os diversos indicadores biológicos, os macroinvertebrados bentônicos vêm sendo amplamente utilizados para avaliar toxicidade e bioacumulação de agrotóxicos (BONZINI et al. 2008).

O estudo foi realizado a partir de um monitoramento para comparar a qualidade da água que sai de uma área com cultivo de arroz irrigado (água de drenagem) com a água de irrigação, oriunda do Rio Gravataí, em um ponto na grande Porto Alegre. Esse estudo de monitoramento foi conduzido na Estação Experimental do Arroz, pertencente ao Instituto Rio-grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha, Rio Grande do Sul (RS), ao longo da safra de 2006/2007.

O monitoramento foi realizado a partir de parâmetros estabelecidos para averiguar a abundância, riqueza, biodiversidade e equitabilidade das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nos dois pontos de amostragem.

Tais parâmetros ecológicos demonstraram uma comunidade mais estruturada e complexa no canal de drenagem que no canal de irrigação e no Rio Gravataí, indicando que a qualidade ambiental é melhor no ponto que recebe a água que passa pela lavoura que nos pontos de entrada da água. Portanto, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos neste estudo sugere que os efluentes produzidos pelas cidades e indústrias, como os presentes na bacia hidrográfica do Rio Gravataí, em especial da Grande Porto Alegre, são mais agressivos aos ambientes aquáticos que os efluentes drenados de uma lavoura manejada de acordo com as recomendações técnicas para a cultura.

Outros trabalhos de monitoramento com a utilização de bioindicadores têm sido cada vez mais difundidos no mundo, mas ainda existe grande necessidade de avançar em pesquisas sobre a utilização destes organismos vivos chamados

bioindicadores. Tendo em vista principalmente a carência de estudos deste tipo Brasil, e a sua importância ambiental.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A degradação ambiental cada vez mais intensificada pela ação antrópica é uma dura realidade, pois os impactos ambientais gerados pelo próprio homem estão refletindo diretamente sobre o seu habitat.

A água especificamente que cobre 71%, que é um dos elementos essenciais para a sobrevivência das diferentes espécies sobre o planeta, está constantemente sendo atingida em seus vários mananciais distribuídos pelo planeta.

O comprometimento de diversos recursos hídricos pela ação antrópica e suas conseqüências, sobre as diversidades ecológicas, é um tema muito abordado hoje em diferentes espaços de debates. Dada a importância do tema, no que diz respeito principalmente às questões que envolvem a saúde da população humana.

As causas da crescente poluição das águas são numerosas. Destacam-se os esgotos dos grandes centros urbanos, os efluentes químicos lançados pela indústria, os fertilizantes e pesticidas utilizados pela agricultura, etc. Os esgotos lançados pelos grandes centros urbanos nos rios ou no mar muito têm contribuído para a poluição de certas regiões. É um perigo, não só para a fauna aquática, mas também para o homem.

Sendo assim, surge a necessidade de se buscar alternativas de controle e monitoramento da água para consumo humano principalmente, buscando a associação de trabalhos alternativos como o uso de bioindicadores de qualidade da água aos métodos convencionais já utilizados.

Tendo em vista os fatos acima descritos, o presente trabalho abordou a partir de uma revisão da bibliografia existente, as possibilidades existentes para o controle da poluição de mananciais hídricos, pelo monitoramento de qualidade da água para o consumo humano, através da utilização de bioindicadores naturais de poluição da água.

O estudo em diferentes fontes da pesquisa revelaram a existência de diferentes bioindicadores biológicos, utilizados para o monitoramento de qualidade da água, porém os comumente utilizados na avaliação de impactos ambientais em ambientes aquáticos são os macroinvertebrados bentônicos, peixes e comunidades perífita. Tendo então dentre estes grupos as comunidades de macroinvertebrados bentônicos como as mais utilizadas na avaliação de impactos ambientais e monitoramento biológico (CALLISTO, et al. 2003).

Devido as suas características (tamanho grande, pouca mobilidade, fácil amostragem e custos relativamente baixos, grande diversidade e de identificação relativamente fácil). Os macroinvertebrados bentônicos são os organismos que são apresentados pela literatura, como mais utilizados em trabalhos de monitoramento. Justamente, por que devido a suas características, essas comunidades são as que apresentam melhor resposta quando expostas a níveis indesejáveis de poluentes.

O levantamento mostra ainda que os trabalhos de monitoramento de qualidade da água realizados até então (últimos vinte anos), a partir da utilização de bioindicadores aquáticos, foram de grande relevância dada a gravidade exposta por alguns dos trabalhos citados, quanto ao comprometimento de diversos mananciais no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, pela poluição ambiental de origem antrópica. Como no Brasil onde a expansão urbana, com a falta de planejamento, tem intensificado muito os impactos ambientais em águas superficiais e subterrâneas. Pois a falta de saneamento básico, principalmente em vilas e comunidades ribeirinhas de ocupações irregulares, colaboram para o agravamento dos processos de poluição das águas bem como trazem prejuízos a saúde da população exposta aos mais diferentes contaminantes (bacteriológicos, químicos, físicos entre outros). Pois a presença desses poluentes afeta diretamente a potabilidade da água para o consumo humano. Estão também incluídos nestes, as contaminações de mananciais aquáticos por agrotóxicos lançados por meio da agricultura, bem como os metais pesados (chumbo, mercúrio, cádmio, selênio entre outros) oriundos de resíduos industriais. (VARGAS et al., 2001; BARBOSA, 2004; FARIA et al., 2007; BONZINI et al. 2008).

Assim quanto aos objetivos buscados por este estudo, de através da revisão bibliográfica encontrada dentro do período estabelecido (últimos 20 anos), foi encontrada um bom acervo literário sobre o tema do trabalho, onde foram então identificados os bioindicadores mais utilizados no biomonitoramento de qualidade da água (destacando os macroinvertebrados bentônicos), bem como conhecidos os agentes contaminantes que mais afetam a saúde da população humana.

Apesar dos avanços em estudos quanto ao uso de bioindicadores ambientais, mais especificamente de qualidade da água, na avaliação de ambientes expostos a poluentes diversos. Ainda existe segundo autores a necessidades de ampliar e aprofundar os estudos nesta área. Devido justamente a carência desse tipo de trabalho no Brasil, e a sua importância ambiental.

7.1 Proposta de Estudo

Fica lançada uma proposta, para o desenvolvimento de um futuro estudo com bioindicadores no monitoramento da qualidade da água para consumo humano. A sugestão de um estudo, a partir da criação de um projeto-piloto para a implantação de um monitoramento de qualidade da água, com a utilização de bioindicadores ambientais aquáticos (a serem definidos dentro do processo), em um dos municípios (a ser definido dentro do processo) pertencente a 2ª Regional de Saúde. Tendo em vista que, a região além de possuir uma riqueza em mananciais hídricos, também possui muitas indústrias e grandes áreas rurais com atividades agrícolas, o que já justificaria a produção deste tipo de trabalho, uma vez que esses seriam fatores relacionados a questão da contaminação de recursos hídricos. Além disso, como já foi apresentado neste trabalho, existe a viabilidade econômica deste tipo de estudo por ser de baixo custo. Também deve-se considerar o retorno futuro deste tipo de projeto, uma vez que podem gerar reduções de gastos para saúde pública, com a redução das doenças relacionadas aos fatores de contaminação da água para consumo humano.

Pelo exposto, poderia haver uma combinação de métodos para uma aceitação preliminar da água de consumo: os bioindicadores favoráveis e características físicas como turbidez a qual segue um enquadramento visual, com o disco de turbidez, ou seja, não requer testes. Esta água poderia ser consumida preliminarmente, antes da extensão da rede adequada, caso fosse recolhida a um reservatório, clorada de forma artesanal, (2ml hipoclorito/1000l) e filtrada artesanalmente. O importante aqui, seria uma segurança para comunidades que consomem água de superfície e não se tem nenhuma análise.

É importante lembrar também que ao propor uma fonte alternativa que seja poço, surge uma série de dificuldades: poço raso é altamente contaminável por esgoto, agrotóxicos, etc.; poço artesianos só pode ser feito pela instância autorizada, caso contrário é ilegal.

Sendo assim, em casos em que os bioindicadores fossem desfavoráveis, junto com a turbidez ou outra alteração visível, a água não teria condições de consumo desta forma e o risco à saúde seria considerado alto.

O projeto que deve contar com a participação de órgãos responsáveis pela regulação, fiscalização e acompanhamento das questões ambientais, envolvendo os recursos hídricos: Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde, Secretária do meio ambiente com seus setores técnicos e especialistas das vigilâncias (ambiental, sanitária, epidemiológica), e também gestores de saúde, FEPAM, departamentos responsáveis pela captação e distribuição de água, entre outros. Também contando com a participação dos conselhos municipais de saúde e representações comunitárias. Compondo assim um grupo de estudo multidisciplinar, ampliando as visões em relação ao campo de estudo.

Tendo assim esse trabalho, a possibilidade de colaborar para a busca de soluções alternativas, mais viáveis para complementar e aperfeiçoar os trabalhos de monitoramento ambiental aquático já existentes, desenvolvendo também a educação ambiental. Pois é com a implementação desses tipos de trabalhos de biomonitoramento que surgiram os verdadeiros avanços em direção da obtenção de ambientes hídricos livres de poluentes, garantindo a proteção do meio ambiente

juntamente com o progresso sustentável. E, conseqüentemente, propiciando saúde e qualidade de vida à população, garantindo assim também seus direitos básicos para a vida.

REFERÊNCIAS

ACWORTH, R. I.; JORSTAD, L. B. Integration of multi-channel piezometry and electrical tomography to better define chemical heterogeneity in a landfill leachate plume within a sand aquifer. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 83, n. 3-4, p. 200-220, Feb. 2006.

AKSOY, A.; ÖZTÜRK, M. A. Nerium Oleander L. as a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in mediterranean environments. **The Science of the Total Environment**, v. 205, n. 2, 145-150, Oct. 1997.

ALBA-TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: SIAGA, 4., 1996, Almeria. **Anais...** Almeria, 1996. v. 2, p. 203-213.

BARBIERI, E. et al. Efeito do DSS, Dodecil Sulfato de Sódio, no metabolismo e na capacidade de natação de *Cyprinus carpio*. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, SP, v. 58, n. 2, p. 263-271, 1998.

BARBOSA, L. C. A. **Os pesticidas, o homem e o meio ambiente**. Viçosa: UFV, 2004.

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. EPA 841-B-99-002. Washington 2nd ed., DC.: U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water, 1999.

BEZERRA, N. R.; BONINI, E.M.; OLIVEIRA, M. R. L.; NETTO, G. F.; DANTAS, M. H. P. Vigilância da qualidade da água para consumo humano no Brasil: a aplicação da portaria MS nº 1469/2000 pelo setor saúde. In: CONGRESSO

INTERAMERICANO DE SAÚDE AMBIENTAL, 1., 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2004. CD-ROM.

BJERG, P. L.; ALBRECHTSEN, P.; KJELDSSEN, P.; CHRISTENSEN, T. H. **The Groundwater geochemistry of waste disposal facilities**: environmental geochemistry. London: Elsevier, 2005.

BONZINI, S. et al. Effects of river pollution on the colonization of artificial substrates by macrozoobenthos. **Aquatic Toxicology**, London, v. 89, p. 1-10, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>>. Acesso em: 28 set. 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 18 set. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/>>. Acesso em: 08 out. 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conferência nacional de educação ambiental**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 05 out. 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 02 out. 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 28 maio 2005.

BUTT, T. E.; ODUYEMI, K. O. K. A holistic approach to concentration assessment of hazards in the risk assessment of landfill leachate. **Environmental International**, v. 28, p. 597-608, 2003.

CACHOEIRINHA. Prefeitura Municipal. Disponível em: <<http://www.cachoeirinha.rs.gov.br/>>. Acesso em: 15 set. 2009.

CAIRNS JR., J.; PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.). **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 10-27.

CALDAS NOVAS (MG). Prefeitura Municipal. Departamento Municipal de Água Esgoto. Disponível em: <<http://www.demae.com.br/>>. Acesso em: 10 set. 2009.

CALLISTO, M.; BARBOSA, F. A.; BARBOSA, P. M.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; RIETZLER, A. C. **Bioindicadores de qualidade de água**. Cartilha de Educação Ambiental. Belo Horizonte: Loicos, 2000.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JR., J. F.; MORENO, P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: NAVEGANDO o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 2004. v. 1, p. 1-12.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J. A vida nas águas das montanhas. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 182, p. 68-71, maio 2002.

CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental. In: SIMPÓSIO SUL DE GESTÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. **Anais...** Erechim: URI, 2006. p. 206-223.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 71-82, jan./mar. 2001.

COMPANHIA RIO-GRANDENSE DE SANEAMENTO. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/>>. Acesso em: 10 set. 2009.

DIAS, G. F. **Elementos de ecologia urbana e sua estrutura ecossistêmica**. Brasília: IBAMA, 1997. Série Meio Ambiente em Debate, 18.

ELIS, V. R.; ZUQUETTE, L. V. Caracterização geofísica de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 1, p. 119-134, 2002.

FARIA, M. F. et al. The use of larvae to assess effects of pesticides from rice fields in adjacent freshwater ecosystems. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 67, p. 218-226, 2007.

FAWCETT, R. S. Influences of the no-till system on drinkability of water; consequences on water treatment and availability. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo, RS: Embrapa-CNPT, 1997. p 3-10.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F. A. R. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, **Philadelphia**, v. 3, n. 4, p. 545-552, 2000.

GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceitos para a avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. cap. 15, p. 428-451.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, 2003.

ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J.; KANTZARIS, V.; KATHARIOS, P.; KASPIRIS, P.; GEORGIADIS, T. H.; MONTESANTOU, B. An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). **Ecological Indicators**, v. 2, n. 4, p. 345-360, Feb. 2003.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2009.

JACOVINE, L. A. G. et al. Quantificação das áreas de preservação permanente e de reserva legal em propriedades da bacia do Rio Pomba - MG. **Revista Árvore**, v. 32, p. 269-278, 2008.

JUNQUEIRA, M. V.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S.; FRANÇA, E. S. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. **Acta Limnol. Bras.** v. 12, p. 73-87, 2000.

KARR, J. R. Rivers as sentinels: using the biology of rivers to guide landscape management. In: NAIMAN, R. J.; BILBY, R. E. (Eds.). **River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion**. New York: Springer-Verlag, 1998. p. 502-528.

KARR, J. R.; CHU, E. W. Biological monitoring: essential foundation for ecological risk assessment. **Human and Ecological Risk Assessment**, Philadelphia, v. 3, n. 6, p. 993-1004, 1997.

KELLY, M. G.; WHITTON, B. A. Biological monitoring of eutrophication in rivers. **Hydrobiologia**, Belgium, v. 384, p. 55-67, Aug. 1998.

KJELDSEN, P.; BJERG, P. L.; RÜGG, K.; CHRISTENSEN, T. H.; PEDERSEN, J. K. Characterization of an old municipal landfill (Grindsted, Denmark) as a groundwater pollution source: Landfill hydrology and leachate migration. **Waste Management Research**, v. 16, n. 1, p. 14-22, 1998.

LYNCH, T. R.; POPP, C. J.; JACOBI, G. Z. Aquatic insects as environmental monitors of trace metal contamination: Red River, New Mexico. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 42, p.19-31, 1988.

MACHADO, J. F. Fazendo a educação ambiental na escola. In: GUERRA; BARBOSA (Org.). **Programa de educação ambiental na bacia do rio piracicaba**: curso de formação de professores na área ambiental. Belo Horizonte: UFMG/ICB, 1996.

MANUAL para estudo de cianobactérias planctônicas em mananciais de abastecimento público: caso da Represa Lomba do Sabão e Lago Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Porto Alegre: PROSAB, 2006.

MECKENSTOCK, R. U.; MORASCH, B.; GRIEBLER, C.; RICHNOW, H. H. Stable isotope fractionation analysis as a tool to monitor biodegradation in contaminated aquifers. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 75, p. 215-255, 2004.

MENGCHANG, H. E.; ZIJILAN, WANG; HONGXIAO, TANG. The chemical, toxicological and ecological studies in assessing the heavy metal pollution in Le an river, China. **Water Research**, v. 32, n. 2, p. 510-518, 1998.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.feam.br/>>. Acesso em: 14 out. 2009.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo: HUCITEC, 2006.

MONTE BLANCO, S. A. M.; LINK, D. Uma análise comparativa das legislações fitossanitárias dos países do Mercosul. Porto Alegre: CREA/RS, 2001.

MORENO, P.; CALLISTO, M. Indicadores ecológicos e a vida na lama. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 213, p. 68-71, 2005.

OYGARD, J. K.; MAGE, A.; GJENGEDAL, E. Estimation of the mass-balance of selected metals in four sanitary landfills in Western Norway, with emphasis on the heavy metal content of the deposited waste and the leachate. **Water Research**, v. 38, p. 2851-2858, 2004.

PALHARES, K.; MAYRINK, N.; MORENO, P.; GOULART, M.; MORETTI, M.; FERREIRA, W.; DINIZ, A. P.; RODRIGUES, L.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água: a educação ambiental como uma ferramenta de união UFMG-escolas. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 5., 2000, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES, 2000. v. 1, p. 182-189.

PENTEADO, H. D. **Meio ambiente e formação de professores**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

PIEDRAS, S. R. N. et al. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 494 - 500, mar./abr. 2006.

PLAFKIN, J. L.; BARBOUR, M. T.; PORTER, K. D.; GROSS, S. K.; HUGHES, R. M. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish**. Washington, DC: Environmental Protection Agency, 1989

PONTES. C.; SCHRAMM.. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, set./out. 2004.

PORTAL PERIÓDICOS DA CAPES. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 20 set. 2009.

PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.portoalegre.rs.gov.br/smam/>>. Acesso em: 10 set. 2009.

PUBMED. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>>. Acesso em: 25 set. 2009.

RASHED, M. N. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser lake. **Environment International**, v. 27, p. 27-33, 2001.

REECE, P. F.; RICHARDSON, J. S. Biomonitoring with the reference condition approach for the detection of aquatic ecosystems at risk. In: DARLING, L. M. (Ed.). **Proc. biology and management of species and habitats at risk**. Kamloops, B.C., 1999. v. 2, p. 15-19.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.) **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 195-233.

RIO GRANDE DO SUL. Centro Estadual de Vigilância em Saúde. **Normas para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos**. Porto Alegre: CEIDS/ESP/RS, 2008.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). Disponível em: < <http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2009.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). **Qualidade ambiental**: qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Gravataí. Porto Alegre, 2008.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. Disponível em: <<http://www.saude.rs.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2009.

ROLNIK, R.; KOWARICK, L.; SOMEKH, N. (Ed.). **São Paulo**: crise e mudança. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 1990.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V.H. (Eds.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman and Hall, 1993. p. 1-9.

RYFF, T. Microbacias hidrográficas: um novo conceito de desenvolvimento rural. **Agroanalysis**, v. 15, n. 5, p. 8-11, 1997.

SÁ, L. L. C. et al. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em duas áreas contempladas com intervenções de saneamento – Belém do Pará, Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 14, n. 3, p. 171-180, 2005.

SALOMON, Délcio Vieira. **Como fazer uma monografia**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

SANDIN, L.; JOHNSON, R. K. The statistical power of selected indicator metrics using macroinvertebrates for assessing acidification and eutrophication of running waters. **Hydrobiologia**, v. 422/423, p. 233-243, 2000.

SANTOS, R. C. S. A caminho da sustentabilidade. In: **EDUCAÇÃO ambiental: ação e conscientização para um mundo melhor**. São Paulo: Secretaria do Estado da Educação, 2002.

SCHRAMM, F. R. Bioética para quê? **Revista Camiliana de Saúde**, v. 1, p. 14-21, 2002.

SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE – SciELO. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 05 out. 2009.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2002.
SHEPP, D. L.; CUMMINS, J. D. Restoration in an urban watershed: Anacostia River of Maryland and the district of Columbia. In: WILLIAMS, J. E.; WOOD, C.A.; DOMBECK, M. P. (Ed.). **Watershedrestoration: principles and practices**. Bethesda: American Fisheries Society, 1997. p. 297-317.

SILVA, E. **Técnicas de avaliação de impactos ambientais**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 1999. Série Saneamento e Meio Ambiente, manual n. 199.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p.181-6, 2002.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Proposed guidelines for ecological risk assessment: notice. FRL-5605-9. **Federal Register**, Washington, DC., v. 61, p. 47552-47631, 1996.

VARGAS, V. M. F. et al. Genotoxicity assessment in aquatic environments under the influence of heavy metals and organic contaminants. **Mutation Research**, v. 490, p. 141-158, 2001.

WARD, D.; HOLMES, N.; JOSÉ, P. **The New Rivers & Wildlife Handbook**. Bedfordshire: RSPB, NRA, The Wildlife Trusts, 1995.

WARD, J. V. **Aquatic insect ecology**. New York: John Wiley, 1992. v. 1. Biology and habitat.

WHITFIELD, J. Vital signs. **Nature**, Philadelphia, v. 411, n. 6841, p. 989-990, 28 Jun. 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking-water quality**. 3. ed. Geneve, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease**. Genève, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Disponível em: <<http://who.int/>>. Acesso em: 17 set. 2009.

ZHU, C.; HU, F. Q.; BURDEN, D. S. Multi-component reactive transport modeling of natural attenuation of an acid groundwater plume at a uranium mill tailings site. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 52, p. 85-108, 2001.