

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM AUDITORIA E PERÍCIA
AMBIENTAL**

PATRÍCIA FIGUEIREDO CORRÊA

**IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO ECOTÓXICOLÓGICA DE
SEDIMENTOS AQUÁTICOS COMO FERRAMENTA NA PERÍCIA
AMBIENTAL JUDICIAL**

CRICIÚMA, AGOSTO DE 2011

PATRICIA FIGUEIREDO CORRÊA

**IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO ECOTÓXICOLÓGICA DE
SEDIMENTOS AQUÁTICOS COMO FERRAMENTA NA PERÍCIA
AMBIENTAL JUDICIAL**

Monografia apresentada à Diretoria de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, para a obtenção do título de especialista em Auditoria e Perícia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Carlyle Torres Bezerra de Menezes

CRICIÚMA, AGOSTO DE 2011

Dedico este trabalho e todo meu esforço à minha família que caminha sempre ao meu lado, dando-me força, atenção e apoio.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar presente iluminando minhas jornadas...

A minha maravilhosa Família, por toda dedicação, incentivo, amor, carinho, proteção, que sempre está ao meu lado acreditando e me dando forças para que eu siga em busca dos meus sonhos...

Ao Meu Professor e Orientador Dr. Carlyle Torres Bezerra de Menezes...

Aos Mestres, que dedicaram seu tempo e compartilharam experiências...

Aos Meus Amigos, pela compreensão de minha ausência e pelo apoio...

Ao meu amigo Jeancarlo Heineck Carrara pela parceria...

Aos Meus Companheiros de sala, por todos os momentos que passamos juntos, nestes meses de aprendizado, pelas experiências trocadas, pelos debates e conversas realizadas, pelas confraternizações feitas e pela atenção mútua que tínhamos com todos.

"Na natureza nada é igual. Talvez seja a dica para o mundo começar a fazer diferente!"

Autor desconhecido.

RESUMO

Na região Sul do Estado de Santa Catarina, podemos observar a grave situação da degradação dos recursos hídricos resultantes, principalmente, das atividades de mineração ocorridas ao longo das décadas. A qualidade dos recursos hídricos pode ser avaliada de duas formas distintas, embora complementares, uma é a análise química que identifica e quantifica as substâncias químicas e a outra é a análise biológica que qualifica os efeitos causados pelas substâncias. O sedimento pode ser considerado como o compartimento resultante da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático e desempenha um papel importante nos mecanismos de poluição dos rios por metais pesados. A qualidade corrente do sistema aquático pode ser usada para detectar a presença de contaminantes que não permanecem solúveis após seu lançamento em águas superficiais. Os sedimentos têm sido considerados um compartimento de acumulação de espécies poluentes a partir da coluna d'água, devido às altas capacidades de adsorção, absorção e acumulação associadas. O esforço de proteger o meio ambiente e de solucionar os conflitos do uso indiscriminado dos recursos naturais, têm demandado, nos últimos anos, a construção de instrumentos tanto na área do Direito quanto nas diversas áreas do conhecimento relacionado com a questão ambiental. Como parte disto, a perícia ambiental é uma importante especialidade da perícia que vêm evoluindo, principalmente pelo aprimoramento da legislação ambiental. A perícia ambiental visa esclarecer tecnicamente a existência ou não de ameaça ou dano ambiental, produzindo a prova e o laudo pericial e assessorando o juiz na formação do seu convencimento. Uma das possíveis ferramentas utilizáveis pelo perito é a análise ecotoxicológica. Esta se detém de grande importância, se objetivo da perícia for identificar em qual grandeza as substâncias químicas, isoladas ou em forma de misturas, são nocivas, e como e onde se manifestam seus efeitos.

Palavras-chave: Análise ecotoxicológica. Sedimento aquático. Perícia Ambiental Judicial.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 7 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL..... | 10 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 11 |
| 2 DEGRADAÇÃO DE RECURSOS HIDRICOS | 12 |
| 3 PERÍCIA AMBIENTAL JUDICIAL | 23 |
| 3.1 O PERITO E A PERÍCIA | 25 |
| 3.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA RECURSOS HIDRICOS | 27 |
| 4 ECOTOXICOLOGIA..... | 30 |
| 4.1 TESTES ECOTOXICOLÓGICOS..... | 33 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 36 |
| REFERÊNCIAS..... | 38 |

1 INTRODUÇÃO

Desde o início de sua existência, o homem, como qualquer outra espécie habitante do planeta, interage com o ambiente à sua volta, modificando-o e transformando-o de acordo com suas necessidades. Essa interação do homem com o meio ambiente quer seja ela de forma harmônica ou não, provoca sérias mudanças a nível global (BASTOS; FREITAS, 2002).

Com a inserção da industrialização objetivando um crescente desenvolvimento econômico, houve uma grande exploração dos recursos naturais sem manejo adequado e um forte impacto sob o meio ambiente. Segundo Oliveira (2010) os maiores problemas ambientais não foram provocados pela industrialização em si, mas pela forma que esta se desenrolou, com um crescimento rápido e com uma estrutura defasada e despreparada para receber tal processo, refletindo em desequilíbrios regionais, sociais e ambientais. Entre os diversos efeitos não planejados, Demajorovic (2003), destaca o crescimento dos problemas socioambientais em escala global. Além dos danos locais causados pela poluição decorrente do processo de industrialização e dos acidentes industriais que contaminaram trabalhadores e comunidades; uma série de outros problemas que não reconhecem fronteiras, como a destruição da camada de ozônio, o aquecimento global e os vazamentos nucleares, assumem dimensões planetárias.

Os conflitos do aumento populacional, ocupação desordenada e as produções em larga escala aliados ao desenvolvimento econômico que compromete o equilíbrio ambiental e a qualidade de vida, têm resultado na degradação ambiental, garantindo poder do homem sobre a natureza (ARAÚJO, 2002; DEMAJOROVIC,

2003; SILVA, 2008).

Se a natureza era vista como algo desconhecido e poderoso, hoje ela se mostra bem menos misteriosa e muito mais vulnerável, em virtude de sua incapacidade de lutar em igualdade de condições contra os imperativos do crescimento econômico (DEMAJOROVIC, 2003, p.21).

Durante muito tempo, houve um descaso com os recursos hídricos, tanto por parte da sociedade quanto pelas autoridades. Provavelmente a água é o único recurso natural que se relaciona com os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais da sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo intermediário e final (SILVA, 2008).

Em nossa sociedade, utilizamos a água para diversas finalidades, dentre elas: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, aqüicultura, preservação da flora e fauna, recreação e lazer, harmonia paisagística, geração de energia, navegação, diluição de despejos. Alguns desses usos necessitam de tratamento, porém não recebem um tratamento eficiente ou simplesmente não recebem tratamento algum (SILVA, 2008).

A qualidade do ambiente aquático pode ser determinada por meio de medidas quantitativas, com determinações físicas e químicas, métodos comumente utilizados, e também por meio de medidas semi-quantitativas e qualitativas e testes biológicos, neste caso, testes de toxicidade em organismos vivos. A análise química identifica e quantifica as substâncias químicas e a análise biológica qualifica os efeitos causados pelas substâncias. Na análise biológica os ensaios que envolvem a

microbiologia detectam microorganismos patogênicos, a limnologia que fornece informações sobre o desenvolvimento e as transformações a longo prazo de biocenose nos ecossistemas aquáticos e a ecotoxicologia que revela, através de ensaios com matéria viva, efeitos agudos ou crônicos produzidos por substâncias químicas. Este último é o foco do presente estudo (KNIE; LOPES, 2004; COELHO; ROCHA, 2010).

A ecotoxicologia está relacionada a efeitos tóxicos das substâncias químicas e dos agentes físicos sobre os organismos vivos, especialmente nas populações e nas comunidades de um ecossistema definido, incluindo os caminhos da transferência desses agentes e sua interação com o ambiente. É o estudo das ações e dos efeitos nocivos de substâncias químicas, quase sempre de origem antrópica, sobre os ecossistemas (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

O sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos e pode ser utilizado na avaliação de nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos, porque nele podem ser acumulados compostos orgânicos, inseticidas, herbicidas ou inorgânicos como elementos-traço, onde podem alcançar concentrações elevadas. A acumulação permanente de contaminantes causa problemas devido à liberação de poluentes ao longo do tempo, mesmo após a fonte de poluição ter sido eliminada (JARDIM, 2004).

O esforço de proteger o meio ambiente e de solucionar os conflitos do uso indiscriminado dos recursos naturais, têm demandado, nos últimos anos, a construção de instrumentos tanto na área do Direito quanto nas diversas áreas do conhecimento relacionado com a questão ambiental. Como parte disto, a perícia ambiental é uma importante especialidade da perícia que vêm evoluindo cada vez mais em nosso País, principalmente pelo aprimoramento da legislação ambiental

(ARAÚJO, 2002).

Segundo Neto (2010), a perícia ambiental visa esclarecer tecnicamente a existência ou não de ameaça ou dano ambiental, produzindo a prova e o laudo pericial e assessorando o juiz na formação do seu convencimento.

Uma das possíveis ferramentas utilizáveis pelo perito é a análise ecotoxicológica. Esta se detém de grande importância, se o objetivo da perícia for identificar em qual grandeza as substâncias químicas, isoladas ou em forma de misturas, são nocivas, e como e onde se manifestam seus efeitos. Estes efeitos se manifestam somente em matéria viva. Os sistemas vivos respondem de forma integral com reações específicas a todas as intervenções e perturbações diretas ou indiretas, causadas por substâncias nocivas. Em muitos organismos, tais reações são visíveis ou mensuráveis, o que os habilita a serem utilizados como indicadores, sendo sensores biológicos de medição de efeitos.

O presente estudo justifica-se na importância de aliar técnicas científicas com os elementos da perícia ambiental judicial bem como na importância da difusão da técnica de ensaios ecotoxicológicos realizados com sedimentos aquáticos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar a importância da avaliação ecotoxicológica de sedimentos aquáticos como ferramenta em perícia ambiental judicial, bem como na avaliação de danos ambientais causados por atividades industriais sobre os recursos hídricos regionais.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar revisão bibliográfica sobre o estado da arte de métodos de investigação em perícia ambiental ecotoxicológica, aplicada ao estudo dos mecanismos de contaminação de sedimentos aquáticos por metais pesados, buscando investigar as suas origens;
- Verificar o indicador sedimento como um parâmetro para avaliações de dano ambiental, comparado aos indicadores de água, estabelecidos na legislação vigente;
- Revisar a legislação ambiental vigente no que concerne a parâmetros de qualidade de água e sedimentos aquáticos.

2 DEGRADAÇÃO DE RECURSOS HIDRICOS

A Lei nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente define degradação da qualidade ambiental como alteração adversa das características do meio ambiente.

No estado de Santa Catarina, o Decreto Estadual N.º 14.250, de 1981, regulamenta dispositivos referentes à proteção e a melhoria da qualidade ambiental, e define:

Art. 3º - Degradação da qualidade ambiental é a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de energia ou substâncias sólidas, líquidas ou gasosas, ou a combinação de N elementos produzidos por atividades humanas ou delas decorrentes, em níveis capazes de direta ou indiretamente:

I - prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - criar condições adversas às atividades sociais e econômicas; e

III - ocasionar danos relevantes à flora, à fauna e a outros recursos naturais.

Os ambientes aquáticos são utilizados em todo o mundo com distintas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento de água, a geração de energia, a irrigação, a navegação, a aqüicultura e a harmonia paisagística. A água representa, sobretudo, o principal constituinte de todos os organismos vivos. No entanto, nas últimas décadas, esse precioso recurso vem sendo ameaçado pelas ações indevidas do homem, o que acaba resultando em prejuízo para a própria humanidade. As atitudes comportamentais do homem, desde que ele se tornou parte dominante dos sistemas, têm seguido uma tendência em sentido contrário à manutenção do equilíbrio ambiental (MORAES; JORDÃO, 2001).

Os impactos exercidos pelo homem são de dois tipos: primeiro, o consumo de recursos naturais em ritmo mais acelerado do que aquele no qual eles podem ser renovados pelo sistema ecológico; segundo, pela geração de produtos residuais em quantidades maiores do que as que podem ser integradas ao ciclo natural de nutrientes.

A maior parte da água que é retirada não é atualmente consumida e retorna a sua fonte sem nenhuma alteração significativa na qualidade. A água é um solvente versátil freqüentemente usado para transportar produtos residuais para longe do local de produção e descarga. Infelizmente, os produtos residuais transportados são freqüentemente tóxicos, e sua presença pode degradar seriamente o ambiente do rio, lago ou riacho receptor (MORAES; JORDÃO, 2001).

Segundo Odum (1988), concentrações de substâncias lançadas no ambiente podem reduzir o número de indivíduos das espécies sensíveis e aumentar a distribuição de espécies não sensíveis, tolerantes à poluição. Os corpos d'água não têm ficado imunes a essa degradação. Em ambientes aquáticos, o lançamento de substâncias tóxicas pode alterar a qualidade da água e do sedimento, bem como alterar a composição das populações (JARDIM, 2004).

O sedimento aquático é o substrato para uma vasta variedade de organismos que vivem dentro ou sobre ele, muitos economicamente importantes. Funcionando também como depósitos de descartes e sumidouro de larga variedade de contaminantes, incluindo metais pesados e pesticidas.

Contaminantes são transportados dos continentes para os oceanos em solução ou aderidos à matéria suspensa, podendo ser estocados temporariamente ou de modo permanente nos sedimentos de rios, lagos e águas costeiras. A acumulação permanente de contaminantes causa problemas devido à liberação de

poluentes ao longo do tempo, mesmo após a fonte de poluição ter sido eliminada (JARDIM, 2004).

Na água, a quantidade e qualidade dos contaminantes dependem da presença de material em suspensão, das variáveis físicas e químicas e da mobilidade das substâncias. No sedimento, além dos fatores físico-químicos, influem a presença dos organismos aquáticos (presença de bactérias e organismos bentônicos) e, por fim, a presença de organismos planctônicos (plâncton e zooplâncton) e nectônicos (por exemplos, os peixes), em conformidade com os fatores que interferem na bioacumulação e magnificação destas substâncias ao longo da cadeia alimentar (EYSINK; MORAES, 1988).

No Sul do Estado Santa Catarina, podemos observar o severo estado de degradação dos recursos hídricos regionais, resultantes, principalmente, das atividades de mineração ocorridas ao longo das décadas. A lavra e o beneficiamento de carvão mineral resultam na produção de rejeitos e em subprodutos, muitos deles por sua vez, tóxicos ao meio ambiente. A drenagem ácida de mina gerada a partir da oxidação da pirita (sulfeto de ferro), associada ao carvão mineral, contribui para a solubilização metais pesados, tais como ferro, manganês e zinco, que poluem os sistemas hídricos seguindo rotas de contaminação ao longo dos corpos d'água.

As alterações proporcionadas pela mineração podem variar desde a deposição de rejeitos, alteração dos solos, poluição atmosférica, geração de ruído até o uso abundante e poluição da água. Quando não são controladas adequadamente, algumas destas alterações podem afetar adversamente a saúde, a subsistência dos grupos vulneráveis, e a biodiversidade das áreas de influência das operações. Historicamente, a mineração é vista como uma atividade industrial não compatível com a proteção do meio ambiente, mas, em anos recentes, os problemas

ambientais nesta indústria têm sido abordados com maior freqüência, ocupando uma posição significativa nos aspectos político, social e econômico (TORRES; GAMA, 2005).

O carvão gera impactos ambientais que ameaçam a qualidade dos ambientes aquáticos. A exploração do carvão gera uma quantidade expressiva de resíduos não aproveitáveis, que na maioria das vezes são descartados no ambiente. Esta disposição inadequada expõe os rejeitos a determinadas condições climáticas, como umidade, precipitação pluviométrica, temperatura, evaporação e variações sazonais hidrológicas, geológicas e topográficas locais, ocasionando a degradação do solo e dos mananciais hídricos (LUCCA, 1999).

As pilhas de rejeitos piritosos, por exemplo, em sua forma bruta, possuem elevados teores de minerais metálicos. Quando em contato direto com as águas da chuva, sofrem processos de lixiviação e erosão, além de promoverem a liberação de gases tóxicos, como o enxofre. A ação do clima sobre estes depósitos também produz uma grande quantidade de efluente ácido decorrente da dissolução e oxidação da pirita (FeS_2). Esta carga residuária, a Drenagem Ácida de Mina, caracterizada por uma alta concentração de metais pesados, como sulfatos de ferro e composta também por elementos orgânicos, é adicionada aos recursos hídricos produzindo alterações nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas (CREPALDI, 1992; RODRIGUES, 2006).

Quando um poluente entra num corpo d'água sua rota é controlada pela hidrodinâmica resultante do encontro do rio com o oceano sob a influência das marés, distribuindo-se por duas fases, dissolvida e particulada, de acordo com as condições ambientais. A fase particulada está associada às partículas em suspensão, podendo por isso acabar por se depositar no fundo, tendo assim o seu

destino final. Se os sedimentos forem ressolubilizados, podem voltar para a coluna de água. A fase dissolvida circula no corpo d'água, dependendo do equilíbrio com a fase particulada, podendo receber contribuições importantes das águas intersticiais contaminadas pela concentração de poluentes no leito de sedimentos, sendo por fim exportada para o oceano (VOLPATO, 2010).

Os metais comumente utilizados como indicadores de qualidade de água são:

Alumínio: É o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos. Em áreas urbanas, a concentração de Al na poeira das ruas varia de 3,7 a 11,6 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes (VOLPATO, 2010).

Chumbo: A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes. O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição, metalurgia, materiais de construção, plásticos, tintas, etc. (VOLPATO, 2010).

Cobre: O cobre é um elemento que é retido no solo através de mecanismos de adsorção e troca. É muito adsorvido pela maioria dos constituintes do solo, com exceção do chumbo. O cobre tem forte afinidade com argila, óxidos de ferro e manganês. Sua concentração em sedimentos é em geral elevada (VOLPATO, 2010).

Cromo: As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 1 $\mu\text{g.L}^{-1}$. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço, inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografia (VOLPATO, 2010).

Ferro: O ferro, em quantidade adequada, é essencial ao sistema

bioquímico das águas, podendo, em grande quantidade, se tornar nocivo, dando sabor e cor desagradáveis e dureza às águas, tornando-as inadequadas ao uso doméstico e industrial. O ferro aparece, normalmente, associado com manganês (VOLPATO, 2010).

Manganês: Raramente atinge concentrações de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ ou menos. É muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros. Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público devido ao seu efeito no sabor, tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição (VOLPATO, 2010).

Mercúrio: As concentrações de mercúrio em água doce não contaminada estão normalmente em torno de $50 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. Entre as fontes antrópicas de mercúrio no meio aquático, destacam-se as indústrias cloro-álcali com células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos, indústrias de tintas, etc. O peixe é um dos maiores contribuintes para a carga de mercúrio no corpo humano, sendo que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organo-metálicos (VOLPATO, 2010).

Zinco: Em águas superficiais, normalmente as concentrações estão na faixa de $<0,001$ a $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$. É largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antrópicos, entre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de

zinco tem uma aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida (VOLPATO, 2010).

Arsênio: O arsênio apesar de ser um contaminante metálico não faz parte dos índices de qualidade da água. É um elemento raro com ciclo rápido através dos sistemas água, terra e ar. Ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 2 a 5 mg.kg⁻¹, principalmente como complexo de sulfitos e óxidos (VOLPATO, 2010).

2.1 SEDIMENTOS AQUÁTICOS COMO INDICADOR AMBIENTAL

A poluição das águas superficiais, bem como dos lençóis freáticos, é causada principalmente pelo lançamento, direto e indireto, de despejos industriais, domésticos e agropecuários não tratados ou tratados de maneira ineficaz. Isto se deve ao desenvolvimento sem controles de proteção aos recursos naturais. Neste processo de poluição das águas, os sedimentos desses corpos d'água também concentram contaminantes, fazendo com que essas substâncias químicas provoquem modificações negativas dos estados biológico, químico e físico do ecossistema, afetando também fauna e flora (KNIE; LOPES, 2004).

São vários os exemplos de descaso com os recursos hídricos, dentre eles, a falta ou mau funcionamento de estações de tratamento de despejos, a aplicação indevida e quase sempre excessiva de agrotóxicos, além da utilização de produtos proibidos, a ocupação de mananciais, a mineração desordenada, a destruição das matas ciliares, bem como a falta de programas de conscientização e educação ambiental e o cumprimento da legislação vigente.

Além de políticas preventivas e corretivas para reduzir a poluição sistemática dos recursos hídricos e seu entorno, é necessário que haja controles de qualidade da água e dos caminhos de sua contaminação.

A qualidade hídrica pode ser controlada de duas formas distintas, embora complementares, uma é a análise química que identifica e quantifica as substâncias químicas e a outra é a análise biológica que qualifica os efeitos causados pelas substâncias (KNIE; LOPES, 2004).

O sedimento pode ser considerado como o compartimento resultante da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático. Do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia, o sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais. Nele ocorrem processos biológicos, físicos e químicos, que influenciam no metabolismo de todo o sistema. Além disso, o sedimento, devido à sua composição química e biológica é de fundamental importância no estudo da evolução histórica de ecossistemas aquáticos e terrestres (ESTEVES, 1998).

Devido ao elevado tempo de residência, os ecossistemas, especialmente os lênticos, permitem uma intensa decantação de material em suspensão, o que faz deles uma importante armadilha de acúmulo de substâncias químicas. De todas as substâncias, os metais pesados devem ser vistos com maior preocupação especialmente por serem elementos não degradáveis que permanecem, por um longo tempo, no ambiente (EYSINK; MORAES, 1988).

Segundo os autores Eysink; Moraes (1988, p.237),

O fato de os metais pesados chegarem aos sedimentos adsorvidos no material em suspensão não significa necessariamente a sua imobilização. Os processos dinâmicos de desorção e adsorção no sedimento são influenciados pelas mudanças das suas características físicas e químicas,

podendo ser mobilizados e voltar para a coluna d'água. Este fato transforma o sedimento numa potencial fonte de contaminantes.

O sedimento desempenha um papel importante no esquema de poluição dos rios por metais pesado, também denominados de elementos-traços. Ele reflete a qualidade corrente do sistema aquático e pode ser usado para detectar a presença de contaminantes que não permanecem solúveis após seu lançamento em águas superficiais. Mais do que isso, o sedimento age como um carregador e possível fonte de poluição, pois os metais pesados não são permanentemente fixados por ele, e podem ser ressolubilizados para a água por mudanças nas condições ambientais e/ou antrópicas. Pode ser utilizado no estudo de poluição, como indicador da presença e da concentração de metais pesados (VOLPATO, 2010).

O termo “elementos-traço” é utilizado para elementos químicos que contaminam o meio ambiente, provocando diferentes danos à biota. Os principais elementos químicos enquadrados neste conceito são: alumínio, antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cobalto, cromo, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco. Esses elementos são encontrados naturalmente no solo em concentrações inferiores àquelas consideradas como tóxicas para diferentes organismos vivos. Entre os elementos-traço, o arsênio, o cobalto, o cromo, o cobre, o selênio e o zinco são essenciais para os organismos vivos (VOLPATO, 2010).

Uma das grandes preocupações ecológicas atuais refere-se ao impacto causado pela liberação antropogênica de elementos-traço nos diversos ambientes naturais e, de maior importância, naqueles de maior interação com populações humanas. Água, materiais particulados, sedimentos e organismos aquáticos têm sido utilizados para avaliar a presença destes elementos.

A principal característica que distingue os metais de outros poluentes é

que estes, não são biodegradáveis e passam por um ciclo global. A água é o principal caminho deste ciclo, e uma vez que o metal seja incorporado ao meio ambiente, seu potencial tóxico é amplamente controlado por suas formas físico-químicas. A poluição por metais pesados vem chamando a atenção mundial, principalmente pelo grande impacto e risco potencial que os poluentes metálicos representam no sistema aquático, notadamente pelo seu caráter acumulativo e capacidade de translação através da cadeia trófica (VOLPATO, 2010).

A maior parte dos metais dissolvidos transportados pelas águas naturais é, sob determinadas condições físico-químicas normais, adsorvida no material particulado. Entretanto, a imobilização dos metais nos sedimentos de fundo não necessariamente permanece nesta condição, podendo ser liberados como resultado de alterações químicas no ambiente aquático. O meio de transporte de metais no sedimento é a água intersticial, sendo que os principais componentes que afetam a taxa de metais transportados são a matéria orgânica, ferro e o manganês.

Observa-se que os sedimentos contaminados por metais são potencialmente vulneráveis, uma vez que os metais anteriormente imobilizados podem ser liberados novamente para a coluna d'água, sob determinadas condições do ambiente, disponibilizando-os para a água e a biota.

Os sedimentos têm sido considerados um compartimento de acumulação de espécies poluentes a partir da coluna d'água, devido às altas capacidades de adsorção, absorção e acumulação associadas (CARVALHO; LACERDA, 1992).

As concentrações de poluentes no sedimentos aquáticos tornam-se várias ordens de grandeza maiores do que nas águas correspondentes, o que possibilita o uso dos sedimentos como bons indicadores de poluição ambiental, tanto atual como remota. Este fato possibilita ainda o conhecimento das principais fontes de poluição

dentro de um determinado sistema aquático (VOLPATO, 2010).

As propriedades de acúmulo e de redistribuição de espécies no sedimento o qualifica como de extrema importância em estudos de impacto ambiental, pois registram em caráter mais permanente os efeitos de contaminação (BEVILACQUA, 1996).

3 PERÍCIA AMBIENTAL JUDICIAL

A perícia ambiental judicial é peça chave nestes novos tempos. Surge normalmente em decorrência de uma demanda, por iniciativa de uma das partes interessadas ou da autoridade policial ou representante do Ministério Público, na busca de provas de atos e fatos por eles levantados para fundamentar um direito pleiteado. A perícia ainda pode surgir por iniciativa do juiz, para o conhecimento e esclarecimento de atos e fatos. Muito embora existam diversas modalidades de perícias ambientais, será utilizada, como exemplo a mais comum delas, destinada a apurar um dano ambiental (MORAES, 2008). Assim, a perícia ambiental destina-se à avaliação dos danos ambientais causados em determinado meio ambiente.

Moraes (2008) define dano como prejuízo causado a alguém por terceiro que se vê obrigado ao ressarcimento. A ação ou omissão de terceiro é, portanto, essencial. Assim, dano implica em alteração de uma situação jurídica, material ou moral. Nestas condições, dano ambiental nada mais é do que um dano ao próprio ambiente, e como tal, deve ser reparado.

O dano ambiental é o prejuízo ao meio ambiente, justamente pelo fato de haver uma vinculação entre o conceito de dano ambiental e o conceito de meio ambiente. Portanto são recursos ambientais, nos termos da Lei 6.938/81, art. 3º, V, a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. Acrescentem-se a esse conjunto de recursos ambientais os elementos artificiais e culturais, uma vez que o meio ambiente resulta das interações recíprocas do ser humano com a natureza. Em outras palavras, o dano ecológico pode degradar o meio ambiente em

um sentido amplo ou em seus elementos naturais sentido estrito (MARTINS JUNIOR, 2006). O que rege o preceito jurídico do dano ambiental no Brasil é a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, n.º 6.938/81, cujo art. 14, § 1º, diz que "o poluidor é obrigado, independentemente de existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade".

Neto (2010) define perícia ambiental como um procedimento metódico previamente planejado, fornecendo ao final do trabalho resultados consistentes, reconhecidos pela comunidade científica. As atividades de investigação do dano ambiental devem ser conduzidas de forma técnica e independente, sem a intervenção ou ingerências das partes do processo. Sendo que seu objetivo fundamental é a prova, visando informações necessárias para responder de forma técnica e imparcial, os quesitos formulados pelas partes. Em geral, as principais atividades da perícia ambiental incluem: a pesquisa documental; exame do local do evento; amostragens de campo; testes analíticos; análise e discussão de resultados; conclusões; respostas dos quesitos e; elaboração do laudo pericial.

Segundo os autores Cunha; Guerra (2002), através do aprimoramento da legislação ambiental, a perícia ambiental é uma especialidade da perícia que vêm evoluindo consideravelmente nestes últimos anos.

Trata-se de uma atividade profissional de relevante interesse social, de natureza complexa e ainda em fase inicial de estruturação, a exigir uma prática multidisciplinar e a atuação de profissionais altamente qualificados para o trato das questões ambientais, além de estudo e pesquisas que fundamentem o desenvolvimento de seus aspectos jurídicos, teóricos, técnicos e metodológicos (CUNHA; GUERRA, 2002, p. 174).

A perícia ambiental é um meio de prova utilizado em processos judiciais,

sujeita à mesma regulamentação prevista pelo CPC (Código Processo Civil), com a mesma prática forense, mas que irá atender a demandas específicas advindas das questões ambientais, em que o principal objeto é o dano ambiental ocorrido ou o risco de sua ocorrência (CUNHA; GUERRA, 2002).

Este risco é definido como a probabilidade em que uma substância ou uma situação produziria um dano sob condições específicas. É uma combinação de dois fatores: a probabilidade de que um evento adverso ocorra, e as consequências do evento adverso (VENDRAME, 2006).

A perícia pode ser de iniciativa de uma das partes interessadas ou, do juiz no caso do processo não apresentar os elementos suficientes para a elucidação dos autos que levem a um julgamento justo. O objetivo do perito é de sempre buscar provas materiais embasadas em dados científicos obtidos por meio de procedimentos analíticos que possibilitem o esclarecimento das indagações geradas no processo através de investigação, mensuração e avaliação de dados gerando um laudo conclusivo coeso e direto (MARTINZ JUNIOR, 2006).

A atividade pericial ambiental é vinculada à legislação tutelar do meio ambiente, a legislação ambiental, que regulamenta a proteção ambiental nos níveis federal, estadual e municipal, no âmbito de uma nova disciplina do Direito, o direito ambiental (CUNHA; GUERRA, 2002).

3.1 O PERITO E A PERÍCIA

O perito, as vezes chamado de expert, experto, vistor, jurisperito ou

louvado, é profissional que executa o trabalho pericial, também denominado “olhos e ouvidos do juiz”, não é um funcionário de carreira do Poder judiciário, mas, tão somente um auxiliar da justiça, conforme o art. 139 do CPC (VENDRAME, 2006).

Para a realização da perícia, o juiz nomeia um profissional da especialidade requerida, normalmente com experiência e habilitado pelo órgão de classe a que pertence. Este perito, após a nomeação passa a ser denominado de Perito do Juízo, Perito Oficial ou Perito Judicial (VENDRAME, 2006).

O perito possui o compromisso de cumprir ao encargo, os dias, horários e locais definidos pelo juiz. Em consequência, a falta de compromisso do perito pode levar a substituição do mesmo, prevista no art. 424, II, do CPC.

É importante que o perito respeite e mantenha sempre sua conduta ética. O relacionamento perito x juiz, perito x partes e perito x assistentes técnicos, deve ser de forma a criar balizadores de conduta para essas três situações distintas.

Segundo o que tange o art. 421 do CPC, as partes envolvidas no processo são incumbidas de indicarem assistentes técnicos e apresentarem os quesitos a serem respondidos claramente pelo perito. Os quesitos devem ser formulados segundo cada caso respeitando suas peculiaridades de forma personalizada, e feito por um profissional devidamente habilitado pois os advogados tem conhecimento da seqüência lógica para enunciá-las porem desconhecem certas peculiaridades e terminologias especificas da materia o que pode prejudicar uma das partes (VENDRAME, 2006).

Os quesitos são formulados caso a caso de forma personalizada. Todos os quesitos devem passar pelo crivo do juiz, que pode indeferir os impertinentes e ainda formular outros que julgar necessário. Os quesitos geralmente começam com questões gerais e no decorrer vão sendo específicas (VENDRAME, 2006).

Os quesitos devem ser respondidos de forma clara e exata objetivando o entendimento de todos sem deixar dúvida sobre a matéria, tendo em vista que o juiz e as partes integrantes podem ser leigos no assunto o perito tem o dever de buscar uma conclusão técnica, mais de fácil acesso aos demais, evitando usar respostas diretas como sim ou não, buscando então uma conclusão técnica sobre o mérito global das respostas. Restringir-se as respostas pode não ser o suficiente para o entendimento pois muitas vezes os quesitos deixam a desejar (MARTINS JUNIOR, 2006).

Ao final da perícia, o perito elabora o laudo pericial que este deve buscar apresentar e relatar a perícia, e conseqüentemente, sua materialização instrumental. A característica de ter uma função auxiliar do juízo e de ser destinada a fornecer dados na fase instrucional do processo, para a formação dos elementos de prova que serão utilizados pelo magistrado poder proferir sua sentença com a adequada fundamentação confere ao laudo pericial uma função primordial junto à decisão final do processo. O laudo pericial deve ser claro, objetivo, fundamentado e conclusivo. Todos os dados e elementos que o perito julgar importantes e que possam contribuir efetivamente para o convencimento do juiz devem ser levantados. O mesmo deve ocorrer nas perícias fora da esfera da Justiça (MARTINS JUNIOR, 2006).

3.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA RECURSOS HIDRICOS

Dentre a legislação ambiental, relaciona-se aqui a legislação de interesse fundamental quando se aborda sobre a qualidade e parâmetros dos recursos

hídricos:

O Decreto nº. 24.643, de 10 de julho de 1934, decreta o Código das Águas. Este decreto institui a propriedade das águas; o uso das águas dentre navegação, caça e pesca, derivação, desobstrução; a tutela dos direitos da administração; define nascentes, águas subterrâneas, águas pluviais, águas nocivas; dentre outros dispositivos.

A Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional do Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Resolução CONAMA 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. Nesta resolução, é considerado que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água. A resolução classifica os corpos d'água e apresenta tabelas com parâmetros de substâncias com limites toleráveis e valor máximo permitido. Apresenta também as condições e padrões de lançamentos de efluentes, mostrando tabelas de substâncias com valor máximo permitido.

A resolução CONAMA 344, de 25 de março de 2004, estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.

A Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04 determina os critérios de qualidade da água para abastecimento público. Essa qualidade é representada por

diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos além de procedimentos e responsabilidades referentes ao controle de qualidade, incluindo o monitoramento ambiental.

A Portaria da FATMA nº 017 de 18 de abril de 2002, estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens e da outras providências. Em seus artigos 1º e 2º e § 4º do art. 2º, dispõe sobre toxicidade que as substâncias podem causar no corpo receptor de um efluente que não atende os parâmetros e limites estabelecidos.

Art. 1º - As substâncias existentes no efluente não poderão causar ou possuir potencial causador de efeitos tóxicos capazes de provocar alterações no comportamento e fisiologia dos organismos aquáticos presentes no corpo receptor.

Art. 2º - A toxicidade aguda do efluente será determinada em laboratório, mediante a elaboração de testes ecotoxicológicos padronizados, cujos resultados deverão ser expressos em Fator de Diluição (FD). § 4º - Para as atividades não inseridas na TABELA I, ficam estabelecidos os Limites Máximos de Toxicidade Aguda, abaixo mencionadas: Fator de Diluição para *Daphnia magna* (FDd) : 8 (12,5%); Fator de Diluição para *Vibrio fisheri* (FDbl) : 8 (12,5).

4 ECOTOXICOLOGIA

Os efeitos adversos das atividades humanas sobre o meio ambiente representam grande preocupação. A contaminação ambiental por substâncias químicas é consequência da grande industrialização, da utilização crescente de veículos e dos usos intensivos dos recursos naturais pela agropecuária, silvicultura e mineração. O ambiente é continuamente carregado com compostos orgânicos estranhos, os xenobióticos, liberados pelas comunidades urbanas e industriais (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

No ambiente natural podemos encontrar um grande número de xenobióticos potencialmente tóxicos. Cada um deles pode estar em um nível em que, por si só, não consegue causar malefícios, mas a interação com outras substâncias pode acarretar um dano.

Independente das interações com outros xenobióticos, substâncias potencialmente tóxicas podem ser mais ou menos perigosas, dependendo de condições climáticas, como a chuva, granizo e a neve que contribuem para o aporte das substâncias químicas da atmosfera. O aumento de água no solo faz crescer a atividade biológica. No entanto, as inundações estabelecem condições anaeróbicas no solo, inibindo os processos oxidativos, mas facilitando a liberação das substâncias ligadas aos colóides. O movimento do ar aumenta a perda, por volatilização, dos contaminantes nas superfícies expostas e pode levar os contaminantes ambientais de seus locais até distâncias muito longas. Em razão de toda a complexidade natural do ambiente, é quase impossível prever exatamente o

que ocorrerá com um agente químico quando este for liberado no ambiente (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Segundo Rand (1995 apud AZEVEDO; CHASIN, 2003) entende-se por toxicidade a propriedade inerente de um agente químico produzir efeitos deletérios (agudos, subletais, letais ou crônicos) sobre um organismo. A toxicidade é função da concentração, composição e propriedades, como também do tempo de exposição.

A ecotoxicologia alerta para as substâncias químicas que representam riscos e, assim, sugere a aplicação de medidas preventivas antes que ocorram graves danos aos ecossistemas naturais. É um termo empregado para descrever o estudo científico dos efeitos adversos causados sobre os organismos vivos pelas substâncias químicas liberadas no ambiente (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

A análise ecotoxicológica objetiva identificar em qual grandeza as substâncias químicas, isoladas ou em forma de misturas, são nocivas, e como e onde se manifestam seus efeitos. Os efeitos se manifestam somente em matéria viva. Os sistemas vivos respondem de forma integral com reações específicas a todas as intervenções e perturbações diretas ou indiretas, causadas por substâncias nocivas. Em muitos organismos, tais reações são visíveis ou mensuráveis, o que os habilita a serem utilizados como indicadores, sendo sensores biológicos de medição de efeitos (KNIE; LOPES, 2004).

A ecotoxicologia está relacionada a efeitos tóxicos das substâncias químicas e dos agentes físicos sobre os organismos vivos, especialmente nas populações e nas comunidades de um ecossistema definido, incluindo os caminhos da transferência desses agentes e sua interação com o ambiente. Estudo das ações e dos efeitos nocivos de substâncias químicas, quase sempre de origem antrópica, sobre os ecossistemas. Deve-se ressaltar que o surgimento de uma substância

química ou a manifestação de um efeito tóxico pode ocorrer num ponto distante do local de introdução inicial do tóxico no ambiente (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

De acordo com Azevedo; Chasin (2003), o princípio fundamental da ecotoxicologia é baseado na análise dos processos de transferência de contaminantes nos ecossistemas e nos efeitos sobre sua estrutura e funcionamento (Figura 1).

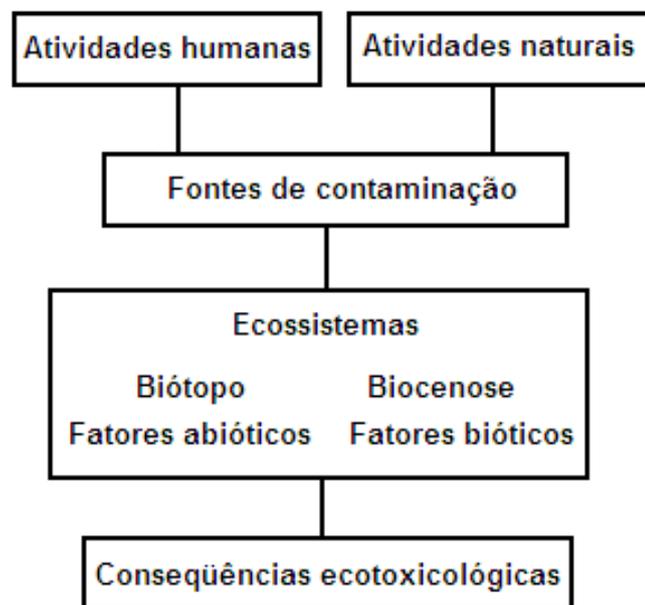


Figura 1: Processo de transferência de contaminantes nos ecossistemas.

Adaptado de (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Os ecossistemas são, por definição, estruturas unitárias, limitadas no tempo e no espaço resultante da combinação do ambiente físico, biótopo, com a comunidade de organismos vivos, biocenose. Os fatores bióticos e abióticos caracterizam os ecossistemas e definem a base para qualquer abordagem ecotoxicológica. Os contaminantes incluem agentes físicos, químicos e, em alguns casos, biológicos que podem originar perturbações nos ecossistemas e em seus

compartimentos. Os fatores, abióticos e bióticos, e os contaminantes caracterizam-se por diversidade extrema, alterações contínuas no espaço e no tempo e por inúmeras formas de inter-relacionamento. Como resultado, tem-se hipercomplexidade de mecanismos ecotoxicológicos, em que os contaminantes trazem, ainda, outra dimensão para a dificuldade de caracterização dos estudos ecológicos.

4.1 TESTES ECOTOXICOLÓGICOS

As substâncias nocivas influenciam os seres vivos de modo muito distinto, provocando assim reações diferenciadas. Para qualificar e quantificar os efeitos, localizar o lugar da intervenção ou identificar os caminhos da ação de substâncias dentro de um organismo necessita-se escolher o procedimento e a configuração adequada de um sistema de teste. Os tipos de testes mais aplicados são:

Os testes agudos, que detectam os efeitos imediatos, geralmente irreparáveis;

Os testes crônicos e subletais, que perseguem os danos que se mostram após um tempo maior, às vezes somente após várias gerações;

Os testes de bioacumulação, que investigam a absorção de substâncias, diretamente da água, em órgãos e tecidos de organismos;

E os testes de biomagnificação, que investigam a absorção de substâncias através da alimentação; (KNIE; LOPES, 2004).

Um dos organismos-teste, comumente utilizado em ensaios

ecotoxicológicos, *Daphnia magna* STRAULS, 1820 (Cladocera, Crustacea) é um microcrustáceo planctônico de água doce, com tamanho médio de 5 a 6 mm. Ele atua na cadeia alimentar aquática como consumidor primário entre os metazoários, alimentando-se por filtração de material orgânico particulado, principalmente de algas unicelulares. Em condições ambientais favoráveis reproduz-se assexuadamente por partenogênese, originando apenas fêmeas. As daphnias são popularmente conhecidas como pulgas d'água (KNIE; LOPES, 2004).

A escolha da *Daphnia magna* como organismo teste fundamenta-se principalmente pelo fato de os descendentes serem geralmente idênticos, o que assegura certa uniformidade de resposta nos ensaios, a cultura em laboratório sob condições controladas é fácil, o manuseio é simples, por causa do tamanho relativamente grande da espécie em comparação com outros microcrustáceos, o ciclo de vida e de reprodução é suficientemente curto o que permite utilizar as daphnias também em testes crônicos, além de ser um organismo conhecido internacionalmente, sendo utilizada há muito tempo como organismo-teste em laboratórios ecotoxicológicos (KNIE; LOPES, 2004). O princípio deste método consiste na exposição de indivíduos jovens de *Daphnia magna* por um período de 24 a 48 horas a várias diluições de uma amostra, após o qual é verificado seu efeito sobre a capacidade natatória dos organismos.

Da mesma forma que são utilizados os microcrustáceos *Daphnia magna*, plantas superiores, estão sendo empregadas em sistemas para acompanhar a presença de compostos tóxicos em corpos d'água. Plantas como *Allium cepa* L. (cebola) têm sido bastante utilizadas em ensaios ecotoxicológicos na avaliação da toxicidade de diversos compostos. A seleção deste organismo vegetal deve-se a uma série de vantagens dentre as quais estão: baixo custo, fácil cultivo,

disponibilidade durante todo o ano e possibilidade de ser usado tanto em testes de toxicidade aguda quanto crônica, em condições laboratoriais e em campo (JARDIM, 2004).

O parâmetro mais comumente analisado é a fitotoxicidade, onde se observam a inibição do crescimento da raiz ou a não germinação de suas sementes, quando expostas a uma substância poluente. Este bioteste é rápido e de fácil execução e tem como princípio determinar a qualidade ambiental (BENASSI, 2004).

5 CONCLUSÃO

Os ambientes aquáticos estão sendo impactado por diversas ações antrópicas, resultando na degradação da qualidade da água. Para tanto se faz necessário ações que minimizem danos ambientais causados por contaminações em nossos recursos hídricos. Essas contaminações devem ser responsabilizadas, e isto se dá a partir de uma perícia ambiental, onde o perito utilizará ferramentas para avaliar os impactos causados em um determinado ambiente degradado.

Quando se trata de análise de qualidade de água, os parâmetros exigidos na legislação ambiental e utilizados comumente não incluem análises de sedimentos aquáticos. A avaliação apenas da água pode mascarar a real situação de um ecossistema aquático, sendo importante a inclusão da avaliação da qualidade do sedimento, compartimento importante, pois participa de processos de depuração e funciona como depósito de nutrientes e contaminantes.

O sedimento dos ambientes aquáticos pode ser utilizado no estudo de poluição, como indicador da presença e da concentração de metais pesados.

A maior parte dos contaminantes, lançados no mar, acaba depositando-se nos sedimentos, produzindo efeitos tóxicos sobre a fauna e afetando o equilíbrio ecológico. Após atingirem os sedimentos, os contaminantes podem ser alterados por diversos processos químicos, físicos e biológicos, que podem aumentar ou diminuir o seu poder tóxico, ou ainda ocasionar a sua deposição ou liberação, fazendo com que os sedimentos tornem-se não só um depósito, mas também uma fonte crônica e não pontual de contaminantes, para as comunidades aquáticas.

As análises ecotoxicológicas são de extrema relevância para serem

utilizadas como instrumento na realização de uma perícia ambiental. Os testes fornecem dados sobre os efeitos resultantes da ação conjunta de diversas substâncias químicas, além de permitir uma avaliação do impacto destes compostos sobre corpos receptores possibilitando a determinação de diluições que evitem ou que reduzam os efeitos tóxicos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. A. de. Perícia Ambiental em Ações Cíveis Públicas. In: CUNHA, S. B. da., GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e Perícia Ambiental**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

AZEVEDO, F. A. de; CHASIN, A. A. da M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Paulo: RiMA, 2003.

BASTOS, A. C. S; FREITAS, A. C. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. In: CUNHA, S. B. da., GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e Perícia Ambiental**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

BENASSI, J.C. **O uso de bioindicadores e biomarcadores na avaliação do processo de remediação de efluente de lixiviação de carvão mineral utilizando microesferas de quitosana**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal De Santa Catarina: Florianópolis.

BEVILACQUA, J. E. – **Estudos Sobre a Caracterização e a Estabilidade de amostras de Sedimento do Rio Tietê, S.P.** 1996– Tese de Doutorado – Instituto de Química – São Paulo.

CARVALHO, E. V.; LACERDA, L. D.; **Ciência e Cultura**. 1992, 44, 184.

CREPALDI, M. **Degradação ambiental pela extração do carvão em Siderópolis, SC que pensam os alunos**. Criciúma, SC: FUCRI, 1992. 42 p. Criciúma.

COELHO, K. S.; ROCHA, O. **Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento do Reservatório do Lobo (Itirapina, SP) e Lagoa Dourada (Brotas, SP)**. Disponível em:

<<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/article/download/1675/1469>>. Acesso em: 23 nov. 2010.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental**. São Paulo: Bertrand, 2002.

DEMAJOROVIC, J. **Sociedade de risco e responsabilidade sócio-ambiental: perspectivas para a educação corporativa**. São Paulo: Editora Senac, 2003.

ESTEVEES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

EYSINK, G. G. J.; MORAES, R. P. de. Subsídios para manejo e recuperação de ecossistemas aquáticos contaminados por metais pesados. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de. (Ed.) **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV, 1988.

JARDIM, G. M. **Estudos Ecotoxicológicos da água e do sedimento do Rio Corumbataí, SP**. 2004. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA, 2004.

LUCCA, C. P. de. **A contaminação pelos rejeitos do carvão mineral e as condições climáticas**. Criciúma, SC: UNESC, 1999. 40 p. Monografia (Especialização em Gestão ambiental) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, 1999.

MORAES, G. A. **Fundamentos para realização de perícias trabalhistas, ambientais e acidentais**. Rio de Janeiro: GVC, 2008.

MORAES, D. S. de L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Saúde Pública**, 2002 36 (6): 370 – 4

NETO, G. K. **Conceitos de Perícia Ambiental Judicial**. Disponível em: <http://geokas.blogspot.com/2008/08/conceitos-de-per-judicial-ambiental-dr_17.html>. Acesso em: 27 out. 2010.

RODRIGUES, R. C. **Insetos bentônicos e sua relação com a qualidade da água no Rio Mãe Luzia, Treviso, SC**. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2006.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

OLIVEIRA, L. F. V. Regime de acumulação e dinâmica socioambiental 1950-1980. In: IV Encontro de Economia Catarinense, 2010, Criciúma. **Anais IV Encontro de Economia Catarinense**. Criciúma: APEC, 2010.

SILVA, A. M de. **Avaliação da qualidade do Rio São Lourenço, SP, sob influência de estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgoto.** 2008. 176 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Autarquia associada à Universidade de São Paulo.

TORRES, V. F.N.; GAMA, C.D. **Engenharia ambiental subterrânea e aplicações.** Rio de Janeiro: 2005.

VENDRAME, A. C. **Perícia ambiental:** uma abordagem multidisciplinar. São Paulo: Thomson, 2006.

VOLPATO, S. B. **Estudo da contaminação por metais em ecossistemas aquáticos: caracterização físico-química e ecotoxicológica de água e sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga, Santa Catarina.** 2010. Monografia (Engenharia ambiental). Universidade do Extremo Sul Catarinense.