

Avaliação da toxicidade aguda do efluente de atividades potencialmente poluidoras situadas no entorno da ESEC Carijós¹.

Gabriela Cristina da Rosa
Farmacêutica e Técnica em Meio Ambiente pelo IF-SC
gabicris1979@hotmail.com

Débora Monteiro Brentano
Bióloga e Mestre em Engenharia Ambiental - Orientadora e Docente do Curso Técnico de Meio Ambiente do IF-SC
brentano@ifsc.edu.br

Resumo: O despejo de poluentes como óleo automotivo, solventes e detergentes na água e no solo é potencialmente negativa à qualidade da água. Pesquisa realizada anteriormente, pelo grupo de Gestão Ambiental: Estudos e Análises, (dados não publicados) resultou na adequação de quase 20 postos de combustíveis às condições e padrões de lançamento de efluentes. Na 1ª etapa, foram encontrados níveis de toxicidade até 16 vezes acima do permitido nas amostras de água colhidas das caixas separadoras dos sistemas de tratamento dos efluentes dos postos, sendo que 12 dos 18 postos analisados apresentaram amostras fora dos padrões preconizados pela legislação. Na 2ª etapa os postos que não se adequaram foram multados e embargados pelo IBAMA até sua adequação. A 3ª e última coleta mostrou o resultado positivo da ação conjunta. Apenas um dos 20 postos avaliados no total não apresentou efluente tratado dentro dos padrões previstos em lei. Todos os postos do estudo estão localizados no entorno da ESEC Carijós, uma unidade de conservação no Norte da Ilha de Santa Catarina gerida pelo ICMBio, e criada por Decreto Federal em 1987 para preservar os manguezais do Saco Grande e do Rio Ratonos, ameaçados pelo acelerado processo de urbanização de Florianópolis. Dada a importância da continuidade do monitoramento dos efluentes destes estabelecimentos, este trabalho buscou avaliar a atual qualidade dos efluentes gerados por alguns destes estabelecimentos anteriormente analisados.

Palavras-chave: Qualidade da água, monitoramento ambiental, atividades potencialmente poluidoras.

1 Introdução

1.1 Área de estudo

A ESEC Carijós foi criada pelo Decreto Federal 94.656, em 20 de julho de 1987 para preservar os manguezais do Saco Grande e do Rio Ratonos, totalizando uma área de 712 hectares (IBAMA, 2003). A área de estudo englobou as Bacias Hidrográficas do Rio Ratonos e do Saco Grande, localizadas no Norte da Ilha de Santa Catarina. Sendo esta uma das áreas mais populosas do município de Florianópolis, invariavelmente geram-se grandes conflitos ambientais. O crescimento urbano, com precárias condições de saneamento, e um constante desenvolvimento do setor de serviços, contrapõe-se a presença de uma Unidade de Proteção Integral (Brasil, 2000), a ESEC Carijós, que abriga uma região alagada com lençol freático superficial e uma

grande rede de recursos hídricos.

Entretanto, a simples criação de Unidades de Conservação não garante a preservação de ecossistemas e recursos naturais, tornando-se necessário o monitoramento das atividades antrópicas potencialmente poluidoras.

1.2 Derivados de petróleo

Dentre os diferentes tipos de poluentes tipicamente atribuídos às atividades humanas, os produtos de petróleo são um dos mais relevantes em razão de seu potencial tóxico.

O maior problema da contaminação por gasolina segundo Corseuil e Marins (1997) relaciona-se aos hidrocarbonetos aromáticos, destacando-se benzeno, tolueno e xilenos (BTX). Os compostos aromáticos (BTX e outros alquilbenzenos) perfazem cerca de 10 a 59% da gasolina (massa/massa), enquanto que os hidrocarbonetos alifáticos compreendem 41 a 62%. Os mesmos autores também reportam que os hidrocarbonetos aromáticos são

¹ RTC, Florianópolis, SC, v.02, nº 01, p.41-46, 2010

geralmente mais tóxicos que os compostos alifáticos com o mesmo número de carbonos e possuem maior mobilidade em água, em função da sua solubilidade em água ser da ordem de 3 a 5 vezes maior.

Em relação aos efeitos danosos do benzeno, Damas *et al* (2002) *apud* Tiburtius (2004), menciona em seu trabalho os efeitos tóxicos das marés negras sobre a fauna marinha e outros organismos. As doses tóxicas são de 10 a 90 ppm para o benzeno e 4 a 5 ppm para o naftaleno. Estes poluentes influenciam sistemas endócrinos e enzimáticos, além de que hidrocarbonetos ingeridos por organismos marinhos passam através da parede intestinal e se tornam parte da reserva lipídica. Fernícola *et al* (2004) afirmam que quando dissolvidos no tecido adiposo, os hidrocarbonetos são preservados, ficando protegidos do ataque microbiano e podendo ser transferidos para níveis tróficos mais elevados e serem biomagnificados. Isto traz sérias implicações para a pesca e a saúde pública. Segundo Baird (2002) a exposição prolongada a concentrações sub-letais destes poluentes também acarreta efeitos deletérios. Aparecimento de tumores, alterações genéticas e leucemias são algumas conseqüências clínicas da intoxicação por hidrocarbonetos.

1.3 Detergentes

Surfactantes ou tensoativos são compostos que apresentam em sua estrutura um grupo apolar constituído de cadeias carbônicas longas com um grupo catiônico ou aniônico (polar) em sua extremidade. Estes compostos são os principais componentes dos detergentes, que devido ao seu poder anfifílico podem remover sujidades que a água não removeria sozinha.

Braille e Cavalcante (1979) *apud* Romanelli (2004) reportam que os detergentes são importantes causadores de poluição na água, pois além de conterem fosfato, que contribui com processos de eutrofização, dificultam as trocas gasosas entre a superfície da água e a atmosfera. Consequentemente há depleção do OD podendo levar a morte organismos aquáticos aeróbios. Tais fatores promovem a proliferação de bactérias anaeróbicas nesse ambiente perturbado. Os detergentes são muito utilizados por indústrias, potencialmente aquelas que utilizam uma etapa de limpeza ou lavagem em sua linha de produção. Gloxhuber (1980) *apud* Romanelli (2004) relata que devido a sua natureza química, os surfactantes podem interagir com os principais componentes da membrana celular, enfraquecendo as estruturas de proteção dos organismos. Por essa interação podem apresentar ação bactericida e bacteriostática mesmo em baixas concentrações. Outras

ações dos surfactantes já estudadas por este autor em sistemas biológicos são alterações na fosforilação oxidativa e alterações estruturais em mitocôndrias, que aumentam de acordo com o número de carbonos presentes na molécula do surfactante, alterações na permeabilidade da membrana ao potássio e inibição da síntese de DNA, estudadas em levedura.

Weiner *et al.* (2007) afirma que estes compostos podem ainda disponibilizar poluentes orgânicos normalmente insolúveis, como pesticidas e derivados de petróleo, além de remobilizar metais na água e no solo, podendo aumentar a absorção de diversos poluentes pelos organismos.

A toxicidade dos surfactantes varia muito em relação ao organismo-teste e ao tipo de surfactante, dentre os quais o crustáceo de água doce *Daphnia magna* tem se mostrado mais sensível à toxicidade aguda (Cserhát *et al.*, 2002). Estudos sobre os efeitos tóxicos crônicos são particularmente importantes quando organismos aquáticos são expostos continuamente a emissões de efluentes. Os efeitos subletais dos surfactantes incluem o retardamento do crescimento, a alteração do comportamento alimentar e inibição de órgãos químio-receptores. Segundo Cserhát *et al.* (2002), altas concentrações de surfactantes modificam o comportamento de peixes, que apresentam uma superfície relativamente grande de absorção nas brânquias e passam a apresentar movimentos erráticos, espasmos musculares e torção do corpo.

1.4 Legislação Ambiental

Em 17 de março de 2005, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou a Resolução nº 357 (Brasil, 2005). Esta Resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e o padrão de lançamento de efluentes e dá outras providências. Nesta mesma Resolução, no Capítulo III, Seção I, Artigos 7º e 8º, e Capítulo IV, Artigo 34º descrevem sobre toxicidade e ensaios toxicológicos em efluentes.

Nessa parte específica da Resolução, fica estabelecido que eventuais interações entre substâncias não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos para o corpo hídrico.

Preconiza também que as possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se

ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

Por fim, exige que o efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

No Estado de Santa Catarina, a Portaria da FATMA nº 17, do ano de 2002 (Estado de Santa Catarina, 2002), estabelece os limites máximos de toxicidade aguda para o microcrustáceo *D. magna* e para a bactéria luminescente *Vibrio fischeri* para efluentes de diferentes origens.

2 Metodologia

2.1 Cultivo do organismo teste

Os cultivos de *Daphnia magna* e do *Scenedesmus suppicatus* foram ambos realizados no Laboratório de Recursos Hídricos da ESEC Carijós, seguindo a norma NBR 12.713 (ABNT, 2003), sob condições que permitam a avaliação da toxicidade de diferentes tipos de amostras assegurando o controle da saúde e sensibilidade da população. Para o cultivo dos organismos-teste foi utilizado o meio de cultura denominado M4, em recipientes com capacidade para 2.000 mL contendo 25 organismos-teste por litro de meio M4, exclusivamente fêmeas.

O cultivo permaneceu em ambiente com temperatura controlada a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ com luminosidade difusa (fotoperíodo de 16 horas de luz) através da utilização de uma germinadora. Como alimento para *Daphnia magna* utilizou-se a alga verde *Scenedesmus subspicatus* (ISO, 1989). A água de cultivo era renovada, no mínimo, uma vez por semana, evitando-se diferenças de temperatura maiores que 2°C . No manuseio do organismo, foi utilizada pipeta de diâmetro adequado ao seu tamanho, com borda arredondada.

2.2 Método de ensaio

O ensaio de toxicidade aguda consiste na exposição de indivíduos jovens de *Daphnia magna* (neonatos de 2 a 26 horas) a várias concentrações da amostra potencialmente tóxica por um período de 24 a 48 horas. As soluções-teste foram preparadas no momento da realização do ensaio e consistem na amostra não diluída e/ou em uma série de diluições preparadas em progressão geométrica, utilizando-se precisão volumétrica e então transferidas para os recipientes-teste (béqueres de 50mL, contendo 25mL da solução-teste) na qual os organismos foram expostos.

Foram utilizados controles negativos, somente com

água de diluição e com os organismos-teste, sendo que para cada diluição e controle foram adicionados 20 organismos distribuídos em duas replicatas. Os resultados somente eram considerados válidos quando, no término do período de ensaio, a porcentagem dos organismos imóveis no controle não excedia 10%. Os ensaios foram mantidos de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 48 h, em ambiente escuro, sem alimentação dos organismos. Os béqueres eram cobertos evitando contaminação cruzada no caso de substâncias voláteis.

2.3 Validação dos testes de sensibilidade

A sensibilidade dos lotes de indivíduos foi avaliada mensalmente através de um teste de sensibilidade, utilizando como substância de referência o Dicromato de Potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). De acordo com a ISO 6341 (ISO, 1996) a sensibilidade de *D. magna* em relação ao Dicromato de Potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) deve estar entre $0,6 - 1,7 \text{ mg.L}^{-1}$. A realização dos testes de sensibilidade visa assegurar a qualificação dos lotes no padrão internacional e garantir a validação dos testes realizados. A sensibilidade estabeleceu-se em $\text{CE(I)50 24h } 0,74 \pm 0,09 \text{ mg.L}^{-1}$ de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, validando os testes de acordo com a norma NBR 12.713 (ABNT, 2004).

2.4 Coleta dos efluentes

Para a coleta das amostras de efluentes foram seguidas as normas descritas em *Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA et al., 2005)*. Em todas as coletas um servidor do ICMBio e funcionários do empreendimento acompanharam os procedimentos de coleta de amostra do efluente tratado.

As coletas foram realizadas de janeiro de 2007 a novembro de 2009 nos estabelecimentos A (lavação de veículos no bairro Jurerê Internacional), B (posto de combustível, localizado no bairro Saco Grande) e C (posto de combustíveis e lavação de veículos, em Canasvieiras). Cada estabelecimento teve 4 amostras avaliadas, em momentos distintos, sendo que no estabelecimento C, foram 2 da CSAO da pista – efluente oriundo da área onde ocorrem atividades de abastecimento de combustíveis e troca de óleo- e outras 2 da CSAO da lavação – efluente gerado na lavação de automóveis.

O efluente da caixa separadora de água e óleo que recebe água, predominantemente, da drenagem da pista de abastecimento (CSAO pista), ou efluente oriundo do processo de lavação de veículos (CSAO lavação) foi amostrado na caixa de inspeção do sistema de tratamento antes do despejo na rede pluvial ou infiltração no solo.

A caixa separadora de água e óleo (CSAO) tem como princípio a ação da gravidade para tratamento da água e baseia-se e na diferença de densidade entre água e óleo para tratamento. O pH e a temperatura foram verificados *in loco*, utilizando o pHmetro ALFAKIT AT 300. O OD foi fixado *in loco* e determinado no laboratório através do método Winkler modificado (APHA *et al.*, 2005). As amostras foram acondicionadas em frasco de polietileno apropriado e mantidas sob refrigeração até a realização da análise em laboratório.

2.5 Análise dos dados

A Concentração Efetiva Inicial Mediana - CE(I)50 48h foi calculada utilizando-se os métodos estatísticos *Probit Method* (Weber, 1993) para dados paramétricos e *Trimmed Sperman-Karber Method* (Hamilton *et al.*, 1977) para dados não paramétricos. O valor de CE(I)50 48h foi determinado por observação direta e usado para classificar a toxicidade da amostra, segundo CETESB (1987), conforme tabela 1.

Determinou-se também o Fator de Toxicidade - FT, menor diluição da amostra na qual não se observa efeito deletério sobre os organismos-teste, a partir da observação direta da amostra.

Os dados foram comparados aos valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) e pela Portaria FATMA nº 17, de 18 de abril de 2002

Tabela 1: Escala de Toxicidade

Valores de CE(I)50 48h	Classes das Amostras
<25%	Muito tóxica
25%-50%	Tóxica
51%-75%	Moderadamente tóxica
>75%	Levemente tóxica
100%	Não tóxica

(Estado de Santa Catarina, 2002).

3 Resultados

Os resultados das análises descritas são apresentados na tabela 2 para cada um dos estabelecimentos: estabelecimento A (lavação de veículos no bairro Jurerê Internacional), B (posto de combustível, localizado no bairro Saco Grande) e C (posto de combustíveis e lavação de veículos, em Canasvieiras). Os valores obtidos para os efluentes foram comparados com a legislação ambiental, estando grifadas aquelas variáveis que não se enquadram nos parâmetros legais estipulados.

Tabela 2: Resultado das análises realizadas com amostra dos efluentes tratados dos estabelecimentos A, B e C.

Amostra	Data da coleta	Temperatura	pH	OD (mg.L-1)	FT 48h	CE(I)50 48h (%)
A1	12/02/2009	26,7 °C	4,1	4,6	128	2,0
A2	27/10/2009	20,0 °C	6,05	2,06	>64	>3,5
A3	04/11/2009	26,0 °C	5,5	1,06	>256	1,5
A4	11/11/2009	25,0 °C	6,31	1,55	64	4,28
B1	16/01/2007	27,3 °C	6,71		64	4,8
B2	24/04/2007	22,5 °C	6,35	0,6	128	1,6
B3	03/08/2009	20,1 °C	6,04	1,4	32	
B4	17/11/2009	25,7 °C	8,69	0,55	4	38,2
C1a	04/02/2009	30,0 °C	5,6	7,8	64	7,3
C1b	18/02/2009	27,0 °C	6,9	8,0	4	99
C2a	13/08/2009	24,3 °C	6,83	0,5	16	15,4
C2b	13/08/2009	22,4 °C	5,82	0,3	64	4,9
Portaria FATMA 17/2002	-	-	-	≤8	-	-
Res. CONAMA 357/2005	< 40 °C	6 a 9	-	-	-	-

Legenda: A1 Estabelecimento A- Amostra 1; A2 Estabelecimento A- Amostra 2; A3 Estabelecimento A- Amostra 3; A4 Estabelecimento A- Amostra 4; B1 Estabelecimento B- Amostra 1; B2 Estabelecimento B- Amostra 2; B3 Estabelecimento B- Amostra 3; B4 Estabelecimento B- Amostra 4; C1a Estabelecimento C- Amostra 1 Pista; C1b Estabelecimento C- Amostra 1 Lavação; C2a Estabelecimento C- Amostra 2 Pista; C2b Estabelecimento C- Amostra 2 Lavação; OD – Oxigênio Dissolvido; FT – Fator de toxicidade; CE(I)50 Concentração Efetiva Inicial Mediana.

O efluente gerado pelo Estabelecimento A (lavação de veículos no bairro Jurerê Internacional) apresentou-se fora dos padrões legais para emissão de efluente em todos os momentos de coleta, sendo considerado muito tóxico. Isto é causado, provavelmente, pela presença de tensoativos, abundantes em efluentes de lavação de veículos. Devido a sua toxicidade, este efluente pode provocar impacto sobre os recursos hídricos, principalmente envolvendo águas subterrâneas. Devido a isto, os dados gerados na primeira coleta geraram notificação do estabelecimento por parte do órgão ambiental e as coletas dos dias 27/10/09, 04/11/2009 e 11/11/2009 foram relatadas em laudo específico que gerou a multa deste estabelecimento.

Já o efluente amostrado, gerado pelo Estabelecimento B (posto de combustível, localizado no bairro Saco Grande) apenas na última amostragem apresentou toxicidade aguda moderada à biota aquática, sendo as anteriores muito tóxicas. Também se detectou baixos níveis de OD neste efluente, indicando possível depleção dos valores de OD nos recursos hídricos onde, eventualmente, forem lançados podendo ocasionar condições adversas para fauna e flora no local de lançamento pela formação de gases nocivos, tais como metano e gás sulfídrico, que se formam em condições anaeróbias. Apesar destas considerações, na última coleta realizada o efluente encontrava-se dentro dos parâmetros legais permitidos para lançamento de efluentes. A adequação do estabelecimento só ocorreu após a atuação do ICMBio, que com base nos dados gerados nas três primeiras coletas constatou irregularidade. A adequação do estabelecimento reforça a importância do monitoramento destes visando proteger a qualidade da água.

O Estabelecimento C (posto de combustível e lavação de veículos, situado em Canasvieiras) atua tanto no abastecimento de combustíveis como na lavação de automóveis e possui sistemas separados de tratamento para o efluente gerado por cada atividade.

A 1ª coleta ocorreu em fevereiro de 2009, amostrando-se o efluente da CSAO da pista no dia 04 e o da CSAO da lavação no dia 18. As análises demonstraram que o efluente da lavação estava dentro dos limites preconizados, apresentando toxicidade leve. No entanto, o efluente da pista estava muito tóxico, a amostra precisou ser diluída a 1/64 pra não exercer efeito tóxico importante nos organismos-teste. Além disso, apresentou pH abaixo do permitido. Com base nesses dados, o ICMBio notificou o estabelecimento, dando-lhe prazo para regularização.

Em 13 de agosto de 2009 realizou-se a 2ª coleta de amostras de efluente da CSAO pista e da CSAO lavação. Os resultados revelaram significativa piora do efluente

proveniente da lavação, estando com o mesmo nível de toxicidade que o efluente da pista na 1ª coleta. Já o efluente da pista apresentou alguma melhora, com o pH dentro do estabelecido pela legislação e ocorrendo diminuição do FT. Como ambos os efluentes avaliados apresentaram-se em desacordo com os padrões preconizados, e o estabelecimento já havia tido um longo período para se adaptar, o ICMBio aplicou multa .

4 Considerações Finais

A solubilidade em água é a propriedade química mais importante para avaliar o impacto de um contaminante no ambiente. Ambos os produtos de petróleo, bruto e refinado, contém centenas de componentes diferentes com a solubilidade em água variando de pouco solúvel a insolúvel. Experiências de Nunes e Corseuil (2007) têm demonstrado que diferentes formulações na gasolina podem afetar o destino e transporte dos BTXs (benzeno, tolueno, e xilenos) De acordo com Weiner *et al.* (2007) o etanol é completamente miscível em água o que leva a um efeito de co-solvência, aumente a solubilização e migração de BTX. Além disso, acarreta na limitação da biodegradação destes compostos.

Entre os compostos tóxicos amplamente utilizados atualmente, estão os surfactantes. Considerando a sua grande utilização, as elevadas concentrações destes compostos que chegam às estações de tratamento de efluentes e que são encontradas em corpos receptores, além dos efeitos adversos causados a diferentes organismos, Romanelli (2004) evidencia a necessidade de se estudar formas alternativas de tratamento de efluentes que contenham surfactantes, visando a atenuação do impacto ambiental causado e a utilização mais segura destes compostos.

A interação entre detergentes e derivados de petróleo potencializa a disponibilização do último para organismos aquáticos além de aumentar a probabilidade de contaminação de águas subterrâneas. Portanto fica evidente a importância da separação do sistema de tratamento de efluentes (provenientes da pista e de lavação veicular) na fonte geradora, minimizando riscos de contaminação de águas no caso de vazamentos subterrâneos ou ocorrência de chuvas.

Relatórios encaminhados aos órgãos de fiscalização ambiental do poder público, em especial ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, que tem o poder de polícia para notificar, multar, e até embargar atividades poluidoras – serviram de base técnico-científica para comprovação da poluição ocasionada pelos estabelecimentos em desacordo com a legislação ambiental

vigente, respaldando a atividade fiscalizadora.

A continuidade deste trabalho de monitoramento é importante para a proteção da qualidade das águas das Bacias do Rio Raton e do Saco Grande visto a necessidade da conservação da biota aquática dos manguezais que fazem parte da ESEC Carijós e que recebem influência direta dos lançamentos nesses corpos hídricos.

5 Agradecimentos

A ESEC Carijós/ICMBio, pela enriquecedora experiência e especialmente aos colegas Fernanda Lamin, Larissa Martins, Pedro Rieger e Victor Buzzi, e aos servidores Claudinei Rodrigues, Edinéia Correa e Vilmar Spriccigo.

Ao IFSC pelo provimento da bolsa PIBICIT.

6 Referências bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12.713: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea)*. Rio de Janeiro, 2003. 16 p.

APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 21st edition APHA, AWWA, WEF Washington, DC, 2005.

BAIRD, Colin. *Química ambiental*. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622p.

BRASIL. Lei Federal nº 9985, de 18 de julho 2000. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 de julho de 2000.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2005.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Aplicação de microrganismos e culturas celulares na avaliação da toxicidade de efluentes industriais na região da grande São Paulo*. Relatório Final. 146p. 1987.

CORSEUIL, Henry Xavier; MARINS, Marcus Dal Molin. Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave? *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.2, n.2, p.50-54, 1997

CSERHÁT, T.; FORGACS, E.; OROS, G. Biological activity and environmental impact of surfactants. *Environ. Intern.*, v. 28, p. 337-348, 2002.

ESTADO DE SANTA CATARINA. Portaria da Fundação do Meio Ambiente nº 17, de 18 de abril de 2002. disponível em: <www.fatma.sc.gov.br>. acessado em: 25 de março de 2004.

FERNICOLA, N. A. G. G; BOHRER-MOREL, M. B. C.; BAINY, A. C. D. *Ecotoxicologia* In: AZEVEDO, F. A; CHASIN, A. A. M. *As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia*. RiMa-Intertox, São Paulo 340p. 2004.

HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, R. V. Trimmed Spearman-Kärber method for calculation of EC50 and LC50 values in bioassays. *Burlington Research Inc. Fci. Technol. n. 11, v. 7, p. 114-119*. 1977.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. *Plano de Manejo da Estação Ecológica de Carijós*. Meio Digital. 2003.

ISO - INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO 6341:Water quality– Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). USA, 1996. 7 p.

ROMANELLI, M. F. *Avaliação da toxicidade aguda e crônica dos surfactantes DSS e LAS submetidos à irradiação com feixes de elétrons* Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, USP, São Paulo, 2004.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA, P. P.; LEAL, E. S. Contaminação de águas por BTXS e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. *Quím. Nova* 37 (3):441-446 (2004).

WEBER, C. I. *Method for measuring the acute toxicity of effluents and receiving water to freshwater and marine organisms*. Cincinnati, Ohio: EPA, 1993. 253p.

WEINER, E. R. *General Properties of Nonaqueous Phase Liquids and the Behavior of Light Nonaqueous Phase Liquids in the Subsurface* In: *Applications of Environmental Aquatic Chemistry A Practical Guide* CRC Press 2nd edition, 441p, Boca Raton, FL 2007 .