

ANÁLISE DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS DO PROCESSAMENTO DA FARINHA DE MANDIOCA NA BACIA DO RIO TAPACURÁ (PERNAMBUCO – BRASIL)

ANALYSIS OF INDUSTRIAL RESIDUES IN THE PROCESSING OF CASSAVA FLOUR IN THE RIVER TAPACURÁ BASIN (PERNAMBUCO STATE/BRAZIL)

Fábio Marques APRILE¹
Antônio Helder PARENTE²
Marc BOUVY³

RESUMO

Foram analisadas as composições dos resíduos sólido e líquido (manipueira), decorrentes do beneficiamento de féculas de mandioca das casas de farinha instaladas na bacia do rio Tapacurá. A bacia do rio Tapacurá, localizada entre a Zona da Mata e a região Agreste do Estado de Pernambuco, tem uma extensão de 30 km e uma área de 360 km². Os resultados mostraram que os resíduos eram tóxicos e ricos em nutrientes. A toxicidade da manipueira é devido a presença do ácido cianídrico. Nas amostras de manipueira analisadas foram encontradas altas concentrações de nitrogênio (1.580mg.L⁻¹), fósforo total (112mg.L⁻¹), DBO (40.000mg.L⁻¹), DQO (95.000mg.L⁻¹) e sólidos totais (85.000mg.L⁻¹). Nos resíduos sólidos foram encontrados metais pesados: Fe(1.450ug.g⁻¹), Cu (7ug.g⁻¹), Pb (11ug.g⁻¹), Mn (25ug.g⁻¹) e Zn (39ug.g⁻¹). Foram sugeridas medidas para preservação e recuperação da vegetação nativa, tratamento dos esgotos e dos despejos industriais.

Palavras-chave: resíduos industriais, sólidos totais, ácido cianídrico, metais pesados, DBO.

ABSTRACT

Compositions of solid and liquid wastes (manipueira), resulting from the cassava starch process flour manufacturers in the Tapacurá river basin were analyzed. The Tapacurá river basin, is located between the Zona da Mata and Agreste regions of Pernambuco State and has an extension of 30 km and an area of 360 km². The results showed that the residues were toxic and rich in nutrients. The toxicity of liquid waste is due to cyanide acid. In liquid waste samples high concentrations of nitrogen (1.580mg.L⁻¹), total phosphorus

¹ CPBA – Centro de Pesquisas em Biologia Aquática, INPA, Manaus, AM, Brasil. www.inpa.gov.br

² CPRH – Companhia Pernambucana do Meio Ambiente, Recife, PE, Brasil. www.cprh.pe.gov.br

³ IRD – Institut de Recherche pour le Développement, Université de Montpellier, Montpellier, France

Correspondência: Fábio M. Aprile, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, CPBA, Av André Araújo 2936 Manaus, AM CEP:09060-001 E-mail: aprilefm@hotmail.com

(112mg.L⁻¹), B.O.D. (40.000mg.L⁻¹), C.O.D. (95.000mg.L⁻¹) and total solids (85.000mg.L⁻¹) were found. In solid waste samples, the heavy metals: Fe (1.450ug.g⁻¹), Cu (7ug.g⁻¹), Pb (11ug.g⁻¹), Mn (25ug.g⁻¹) and Zn (39ug.g⁻¹) were found. Proposals to preserve and recuperate of native forest, along with sewage disposal and treatment of industrial waste are suggested.

Key words: industrial wastes, total solids, cyanide acid, heavy metals, B.O.D.

INTRODUÇÃO

A água se constitui em um recurso renovável. Quando reciclada através de sistemas naturais, é considerada um recurso limpo e seguro, no entanto, devido as atividades antrópicas, este recurso torna-se deteriorado a níveis inferiores de qualidade.

A legislação ambiental brasileira contempla as seguintes prioridades; a saúde humana, a segurança e o bem estar da população, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e a qualidade dos recursos ambientais. No projeto de sistemas de tratamento para o controle da poluição ambiental, a legislação vigente exige que os recursos hídricos sejam protegidos por um sistema dual: padrões de emissão e padrões de classificação dos corpos de água (CETESB, 1990).

A preservação dos recursos hídricos é objeto de uma Política Nacional do Meio Ambiente, cuja execução no âmbito da administração estadual em Pernambuco, é coordenada pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA). Já a execução das análises de qualidade das águas para seus diversos fins, em especial para abastecimento público, controle de resíduos urbanos e industriais, e exercícios de controle da poluição, é administrada pela Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH).

A CPRH tem elaborado propostas para a classificação dos cursos de água das bacias estaduais. Essa classificação tem tomado como base os usos preponderantes, decorrentes do enquadramento estabelecido por lei. Dentre os vários quesitos utilizados para a criação de uma classificação dos corpos de água, estão o reconhecimento dos tipos de resíduos industriais presentes no entorno de cada bacia, mediante o cadastramento das indústrias. Contudo, existem as chamadas "industriais caseiras", de pequeno porte, localizadas nas zonas urbanas e normalmente anexadas as habitações locais, que não são reconhecidas, sendo portanto isentas de taxas de instalação e operação, e conseqüentemente de monitoramento. É o caso das "casas de farinha", que

já foram responsáveis por grande parte da produção da farinha de mandioca consumida no Brasil.

O objetivo deste trabalho foi analisar a composição dos resíduos industriais de origem líquida e sólida decorrentes do processamento de fêculas de mandioca, nas casas de farinha instaladas no entorno da bacia do rio Tapacurá.

ÁREA DE ESTUDO

O rio Tapacurá nasce na região Agreste do Estado de Pernambuco, na Serra das Russas, com o nome de Boeiro. Atravessa três importantes municípios; Pombos, Vitória de Santo Antão e Chã Grande, e depois sofre represamento na barragem de mesmo nome. A bacia do rio Tapacurá possui uma extensão aproximada de 30 km e uma área de 360 km². A disponibilidade hídrica da Bacia é estimada em 2,10 m³.s⁻¹, correspondendo a 9,48 % da disponibilidade total dos mananciais que abastecem a Região Metropolitana do Recife (CHADA FILHO, 1969 e AQUA-PLAN, 1976).

Segundo Köppen, o clima da região é do tipo As "pseudo tropical", com médias anuais de 24°C. Enquanto que na Zona Litorânea pode-se registrar índices superiores a 2.000 mm anuais, no Agreste registra-se menos de 700 mm (BRASIL, 1976).

As casas de farinha estão localizadas na região Agreste do Estado de Pernambuco, particularmente nos municípios de Pombos, Vitória de Santo Antão, Glória do Goitá e Chã de Alegria (Figura 1). Seu número varia muito de ano para ano, sendo que, estima-se ter havido mais de 100 destas pequenas industriais até 1997, caindo para menos de 25 em 1999. Os principais motivos desta redução foram: diminuição do plantio de mandioca na região devido a estiagem; aumento dos gastos com importação de mandioca dos Estados da Bahia e Paraíba, e concorrência com indústrias de grande porte instaladas nos centros urbanos da região sudeste. Como resultado do fechamento de grande parte das casas de farinha, houve um forte índice de desemprego na área rural.

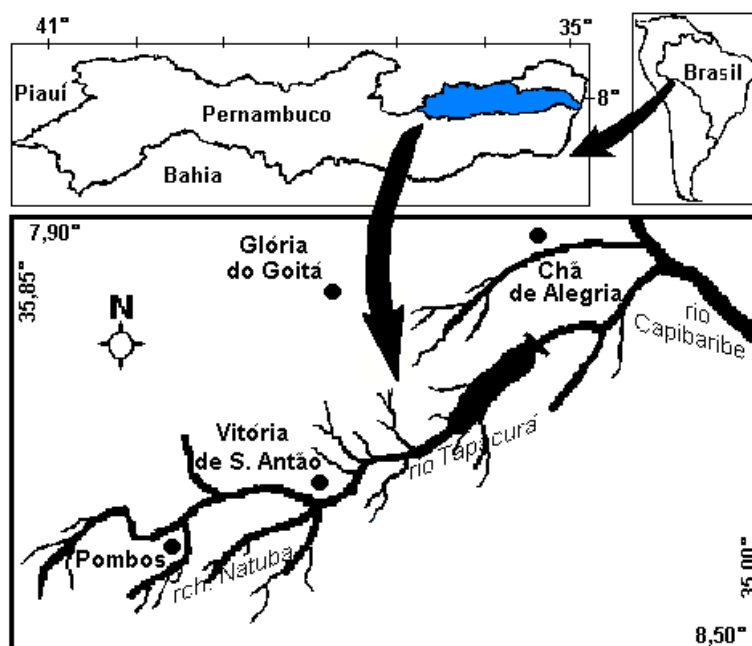


Figura 1. Mapa da bacia do Rio Tapacurá com a localização dos municípios inspecionados (PE, Brasil).

MATERIAL E MÉTODOS

As casas de farinha foram localizadas dentro de cada município visitado, sendo colhidas informações gerais a respeito do volume residual de resíduos de origem líquida e sólida, suprimento de água utilizado na produção, e destino dos resíduos derivados da produção. Esses resultados farão parte do sistema de cadastro da CPRH.

Amostras dos resíduos líquidos e sólidos foram coletadas e acondicionadas em frascos de polietileno devidamente etiquetados. Ainda em campo foram aferidas a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH e condutividade elétrica (CE) em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, através de leitura direta por eletrodos específicos. Na Unidade Laboratorial da CPRH foram realizadas as seguintes análises: turbidez ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) através da aplicação de escalas gráficas; DBO e DQO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) por incubação durante 5 dias a 20°C com controle do oxigênio dissolvido de acordo com GOLTERMAN *et al.* (1978) e APHA (1992); sólidos totais ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) por secagem a 105°C segundo TUNDISI (1969); sólidos suspensos ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) com uso de um kit de filtração; nitrogênio orgânico total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) pelo método clássico de Kjeldahl com digestão ácida, e fósforo total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) pelo método colorimétrico com ácido ascórbico segundo adequações sugeridas por APRILE &

BIANCHINI Jr, (1996a,b). Também foram determinados os teores de elementos metálicos Fe, Cd, Cu, Pb, Ni, Zn, Mn e Cr ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) nos resíduos sólidos, através do método de abertura das amostras com digestão ácida ($\text{HCl} - \text{HNO}_3$) e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (AAS) segundo APHA (1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Pombos, localizado a $35,4^{\circ}\text{W}$ e $8,1^{\circ}\text{S}$ (Figura 1), vêem se caracterizando como o principal polo de casas de farinha na bacia do Rio Tapacurá. Segundo IBGE (1999), dos 150 hectares de área destinada a produção de mandioca, 120 hectares estão plantados, representando um rendimento médio de $9.000\text{kg}\cdot\text{há}^{-1}$. Quase a totalidade dessa produção é destinada a fabricação de farinha de mandioca. O município de Vitória, localizado a $35,2^{\circ}\text{W}$ e $8,1^{\circ}\text{S}$, é o segundo em número de casas de farinha em atividade.

A Tabela 1 apresenta em valores médios, o consumo de matérias primas e a produção de resíduos oriundos da fabricação de fécula de mandioca, para uma casa de farinha de médio porte. São utilizados, em média, $10.000\text{m}^3\cdot\text{dia}^{-1}$ de mandioca para a produção de

2.500m³.dia⁻¹ de farinha. A diferença encontra-se na soma dos resíduos líquidos e sólidos, mais as perdas devido as condições bastante artesanais do trabalho.

A partir da mandioca “in natura” até a obtenção da farinha são obtidos resíduos de origem líquida, provenientes das águas de lavagem e decorticação de tubérculos, e das águas das prensas da mandioca, conhecidas como manipueira. Também são obtidos resíduos de origem sólida, denominados borra. Além disso, são utilizadas grandes quantidades de lenha, retiradas da própria vegetação agreste ou compradas de áreas de plantação de eucalipto, para aquecer os fornos de cozimento, resultando em grande quantidade de cinzas que com as chuvas são levadas para os riachos próximos, reduzindo a transparência e os níveis de oxigênio e alterando o pH da água. Segundo APRILE (1999), uma avaliação preliminar

das emissões atmosféricas provenientes da queima da lenha, mostram que esta forma de rejeito não pode ser considerada um poluente em potencial.

Até bem pouco tempo, as cascas da mandioca eram descartadas, contribuindo para o aumento da poluição ambiental. Atualmente, os proprietários das casas de farinha vendem o material para criadores de gado, que a reutilizam na alimentação dos animais.

A Tabela 2 apresenta em valores médios o resultado da análise físico-química dos resíduos líquidos. Os despejos das indústrias de beneficiamento da mandioca são concentrados e muito danosos para os cursos de água que os recebem. As águas de lavagem contém terra, cascas de raízes, proteínas vegetais, amido, ácido cianídrico e material orgânico derivado da decomposição do material celular. Sua quantidade é cerca de 1,5 a 2 litros por

Tabela 1. Informações Gerais sobre as Casas de Farinha em valores médios.

Classificação	Composição	Consumo/ Produção
Matéria prima	Mandioca	10.000 m ³ .dia ⁻¹
Produto final	Farinha	2.500 m ³ .dia ⁻¹
Matéria prima	Lenha (fornalha)	1 m ³ .dia ⁻¹
Subproduto	Casca de mandioca	3 m ³ .dia ⁻¹
Rejeito líquido	Manipueira	2.450 L.dia ⁻¹
Rejeito sólido	Borra	*

* Não existem informações precisas para as regiões estudadas.

Tabela 2. Características físico-químicas dos despejos oriundos dos processos de lavagem e prensa da mandioca.

Parâmetros	Lavagem	Prensa (manipueira)
Temperatura (°C)	25	60
pH	6,0	4,0
Turbidez (mg.L ⁻¹)	1.000	3.000
CE (uS.cm ⁻¹)	-	7.010
DBO (mg.L ⁻¹)	2.000	40.000
DQO (mg.L ⁻¹)	5.000	95.000
S. total (mg.L ⁻¹)	3.600	85.000
S. suspensão (mg.L ⁻¹)	900	18.000
S. dissolvido (mg.L ⁻¹)	2.700	67.000
N total (mg.L ⁻¹)	-	1.580
P total (mg.L ⁻¹)	-	112

quilo de mandioca beneficiada, e apresentam uma coloração pardacenta. As águas das prensas ou manipueira, são de aspecto leitoso e de coloração amarelada, contendo apreciável percentagem de amido, grande quantidade de material em suspensão coloidal, material particulado, proteínas, resto de material celular, glicose, compostos orgânicos e ácido cianídrico. Sua quantidade é cerca de 250mL.kg⁻¹ de mandioca beneficiada.

A toxicidade da manipueira é devido ao ácido cianídrico, que uma vez solúvel em água gera o cianeto. Este por sua vez, devido a suas propriedades iônicas, pode formar compostos com Ca, Na e K. O ácido cianídrico não existe nas raízes naturalmente, mas se forma por uma ação enzimática sobre a matéria nitrogenada algumas horas após a colheita. Sendo um ácido volátil, desaparece facilmente durante os processos de secagem da raspa ou de torração da farinha. O cianeto só é encontrado na chamada mandioca brava, conhecida por apresentar um gosto amargo, não sendo encontrado na mandioca doce que é empregada na culinária.

Além do caráter ácido (pH≅4,0), a manipueira apresentou altos índices de condutividade elétrica, acima de 7.000uS.cm⁻¹, indicando uma riqueza de íons e compostos orgânicos nos resíduos. Os níveis de DBO e DQO, 2.000 e 5.000mg.L⁻¹ nos despejos provenientes das lavagens e de 40.000 e 95.000mg.L⁻¹ nas águas oriundas das prensas, respectivamente, ficaram muito acima do permitido pelas Legislação Ambiental Federal e Estadual. A DBO apresentou valores duas a três vezes maior que o vinhoto, rejeito proveniente das destilarias de álcool e de alto poder poluidor. Os despejos apresentaram altas concentrações de material particulado e dissolvido. Os valores médios encontrados para os sólidos totais foi de 3.600mg.L⁻¹ para as águas de lavagem e 85.000mg.L⁻¹ na manipueira, sendo que cerca de 75% do total apresentou-se na forma dissolvida. Os resultados revelaram também que a manipueira é rica em compostos nitrogenados (1.580mg.L⁻¹) e fosfatados (112mg.L⁻¹), o que contribui para a eutrofização dos

riachos e a manutenção de determinados microorganismos no local onde é descartada.

Ambos os despejos, por apresentar grandes concentrações de compostos orgânicos, se decompõe rapidamente, com a liberação de um cheiro forte e penetrante de lixo em fermentação, e com aumento da acidez, reduzindo o pH da mistura para valores inferiores a 3,5. Os resíduos líquidos descartados sem nenhum tratamento prévio, diretamente nos riachos Água Azul e Várzea Grande, na bacia do rio Tapacurá (município de Pombos), causam poluição térmica, pela alta temperatura da manipueira ao ser descartada; poluição física, com a redução da transparência da água pela alta concentração de materiais particulado e dissolvido, e poluição química, com enriquecimento do ecossistema por nutrientes, acidificação e redução dos teores de oxigênio.

A Tabela 3 apresenta os teores de elementos metálicos encontrados nos resíduos sólidos. Em comparação aos resultados obtidos na água e sedimento do rio Tapacurá por APRILE (1999), as concentrações encontradas nos despejos sólidos resultantes da prensa da mandioca são bastante altas, sendo preocupante os valores determinados para o chumbo, cerca de 11ug.g⁻¹ ou 11 mg.L⁻¹.

O chumbo é absorvido através da ingestão ou pela inspiração, podendo alojar-se no estômago e trato intestinal, além de ir para os pulmões. Ele entra na circulação sanguínea, e combina-se com os glóbulos vermelhos, distribuindo-se por todo organismo. A inalação ou ingestão de metais pesados podem causar ainda; anemia, leucopenia, diarreia, vômitos, dores abdominais, câncer, irritação da pele entre outros fatores.

A presença de metais pesados em ambientes ricos em matéria orgânica, representam alto risco para o meio ambiente. A toxicidade dos resíduos líquidos é alta para peixes, de modo que existem registros de concentração letal média (CL₅₀-96h) de 0,18mg.L⁻¹ para a espécie *Pimephales promelas* (BASCOMBE et al., 1990; VANDER KOOIJ et al., 1991). Pela quantidade de resíduos descartados no rio Tapacurá, é provável

Tabela 3. Valores médios dos teores de elementos metálicos presentes nos resíduos de origem sólida (borra).

Fe (ug.g ⁻¹)	Cd (ug.g ⁻¹)	Cu (ug.g ⁻¹)	Pb (ug.g ⁻¹)	Ni (ug.g ⁻¹)	Zn (ug.g ⁻¹)	Mn (ug.g ⁻¹)	Cr (ug.g ⁻¹)
1.450	< 0,01	7	11	< 0,01	39	25	< 0,01

que haja uma contaminação das águas e sedimentos da Bacia por metais pesados num curto prazo. Ao longo de todo o trecho de despejos industriais, não foi encontrado o menor vestígio de vida aquática macroscópica.

Durante a execução desta pesquisa, tomou-se conhecimento da existência de vários incidentes na região dos despejos, que causaram a morte e/ou intoxicação de caprinos e bovinos ao ingerirem a água contaminada. Cerca de 57% dos resíduos líquidos são liberados diretamente nos afluentes do Rio Tapacurá, e 40% são armazenados em valas em contato direto com o solo, denominadas barreiros. Boa parte da borra produzida também tem como destino final os barreiros. Uma pequena parcela dos despejos provenientes das águas das prensas, são recuperados em tanques de decantação, obtendo-se o chamado polvilho, que depois da secagem é vendido para fabricas de cola, ou depois de refinado é usado para fins alimentícios.

Com relação ao tipo de suprimento de água utilizado nessas industrias, observou-se que 44% do total da água usada é proveniente da rede de abastecimento público, 29% oriunda de nascentes encontradas em terrenos próprios, e 27% decorrente do serviço de entrega dos carros pipa.

A situação considerada ideal para recuperação das águas dos rios, principalmente os que atravessam grandes centros urbanos, e portanto, considerados os mais afetados pela poluição, seria a de eliminar todas as substâncias nocivas das águas de industrias e cidades antes de devolvê-las aos corpos de água. Naturalmente, essa questão não é possível, uma vez que do ponto de vista econômico e até tecnológico, não pode ser realizado. A falta de sistemas públicos eficientes e proporcionais ao número de habitantes, resulta em uma alta concentração de despejos orgânicos nos recursos hídricos.

A partir dos resultados desta pesquisa, são sugeridas algumas propostas visando a melhoria da qualidade ambiental da bacia do rio Tapacurá:

1- Preservar e recuperar da vegetação nativa das margens do rio, incluindo seus tributários, de sua nascente até a confluência com o rio Capibaribe;

2- Controlar os níveis de poluição dos riachos Água Azul, Várzea Grande e Itapessirica, seriamente impactados pelos despejos da manipueira;

3- Tratar os esgotos e águas residuais oriundas das casas de farinha;

4- Estabelecer um destino não poluidor para as cinzas provenientes dos fornos de cozimento da farinha de mandioca, evitando que estas tenham como destino os riachos;

5- Melhorar as condições de trabalho dos operários, que são praticamente insalubres;

6- Monitorar e fiscalizar com mais rigor as casas de farinha, que tem contribuído significativamente para a contaminação e poluição dos ecossistemas vizinhos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos e especialistas da Gerência de Laboratório da CPRH, em especial a Maria Cândida P. F. Costa; a Unidade de Águas Superficiais e ao CNPq pelo auxílio à pesquisa n. 301746/96.6.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUA-PLAN, 1976. **Capibaribe: Como Domesticar um Rio**. Brasília, Min. Interior, v.2, n. 11, p. 8.

APHA - American Public Health Association, 1992. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18 ed., Washington. 1268p.

APRILE, F. M. & BIANCHINI Jr, I., 1996a. Determinação de N-orgânico em Sedimento e Macrófitas Aquáticas - Adequação de procedimentos metodológicos. In: **7 Seminário Regional de Ecologia**, São Carlos, SP, 1992. São Carlos: UFSCar, p. 37-45.

APRILE, F. M. & BIANCHINI Jr, I., 1996b. Determinação de fósforo total em Sedimento e Macrófitas Aquáticas - Adequação de procedimentos metodológicos. In: **7 Seminário Regional de Ecologia**, São Carlos, SP, 1992. São Carlos: UFSCar, p. 47-55.

APRILE, F. M., 1999. **Qualidade do Meio Ambiente e Medidas para Gerenciamento Ambiental do rio Tapacurá, Pernambuco, Brasil**. Instituto de Biociências, USP, São Paulo, SP. 101p. (*Tese de Doutorado*).

BASCOMBE, A. D. *et al.*, 1990. The development of ecotoxicological criteria in urban catchments. **Water Science Technology**, v. 22, n. 10-11, p. 173-179.

BRASIL - Ministério do Interior, 1976. **Plano de Emergência Contra as Calamidades Públicas**, 1975. FIDEM/SP. 252p.

CETESB, 1990. **Legislação Federal**. Controle da Poluição Ambiental (Atualização até julho de 1990). São Paulo: CETESB.

CHADA FILHO, L. G., 1969. Hydrology of the Upper Capibaribe basin Pernambuco, Brasil – A Reconnaissance in area of Crystalline Rocks. Washington, Department of the Interior, 44p. (**Geological Survey Water Supply Paper 1663E**).

GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S., & OHNSTAD, M. A. M., 1978. **Methods for physical and chemical analysis of freshwater**. London: Blackwell Scient. Public. 217p.

IBGE, 1999. Produção Agrícola Municipal. **Malha municipal digital do Brasil 1997**: situação em 1997. Rio de Janeiro: FIBGE.

TUNDISI, J. G., 1969. **Produção primária, standing stock e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia**. São Paulo: USP. (*Tese de Doutorado*).

VAN DER KOOIJ, L. A. *et al.*, 1991. Deriving quality criteria for water and sediment from the results of aquatic toxicity tests and product standarts: Application of the equilibrium partitioning method. **Water Research**, v. 25, p. 697-705.

