

# Toxicidade de efluentes industriais da bacia do rio Piracicaba

Pedro Antonio Zagatto<sup>1</sup>  
Eduardo Bertoletti<sup>1</sup>  
Elenita Gherardi Goldstein<sup>2</sup>

## RESUMO

Com o objetivo de estimar o impacto que efluentes industriais podem causar em organismos aquáticos, foi avaliada a toxicidade aguda de efluentes líquidos de algumas indústrias situadas na bacia do rio Piracicaba. Para tanto, foram realizados testes com amostras de efluentes líquidos de oito indústrias da região, utilizando-se o microcrustáceo *Daphnia similis*. Das dez amostras testadas, sete apresentaram efeito agudo à *Daphnia similis*. Verificou-se também, através da estimativa de impacto, a necessidade de redução da toxicidade dos efluentes líquidos de uma indústria têxtil (ponto 2) e de uma indústria petroquímica, para que sejam evitados efeitos agudos e crônicos à biota do corpo receptor.

**Palavras-chave:** toxicidade, *Daphnia*, efluente industrial, rio Piracicaba.

## ABSTRACT

The impact of industrial effluents discharged into the Piracicaba river basin was estimated through acute toxicity tests. Liquid industrial effluents from eight industries in the Piracicaba river basin were assayed using the microcrustacean *Daphnia similis*. Seven of them were acutely toxic to *Daphnia*. Impact estimates showed that textile and petrochemical industries should reduce the toxicity of their final effluents to prevent acute and chronic effects to the biota of the receiving waters.

**Key words:** toxicity, *Daphnia*, industrial effluents, Piracicaba river.

## INTRODUÇÃO

A caracterização de efluentes líquidos industriais tem sido realizada principalmente através de análises físico-químicas, sendo que as concentrações máximas de determinados parâmetros são estabelecidas, na legislação vigente, pelos padrões numéricos de emissão. No entanto, a grande diversidade e a complexidade das substâncias num mesmo efluente líquido tornam inviável a sua completa caracterização, não só do ponto de vista analítico, como do econômico.

Além disso, estudos têm demonstrado que os resultados obtidos através dessas análises dificilmente fornecem informações sobre o efeito conjunto de várias substâncias que, interagindo entre si, podem afetar deletariamente a biota presente no ambiente aquático (Gherardi Goldstein *et alii*, 1983; CETESB, 1986a, b; USEPA, 1986; CETESB, 1987a).

Em função dessas limitações, os testes de toxicidade com organismos aquáticos têm sido utilizados em países altamente industrializados, tais como Canadá, França, Alemanha e Estados Unidos, em complementação ao controle de emissões. Através desses testes, podem-se estabelecer padrões de emissão descritivos que permitem identificar problemas de lançamento de misturas de substâncias tóxicas, estabelecer prioridades de controle

<sup>1</sup> Biólogos da CETESB.

<sup>2</sup> Bióloga da CETESB, Mestre em Biologia Molecular pela Escola Paulista de Medicina.

em regiões críticas e ações corretivas apropriadas, bem como monitorar o ecossistema aquático tendo em vista os usos preponderantes das águas.

Nos Estados Unidos foi constatada uma melhora das águas superficiais após a implantação efetiva de testes de toxicidade no controle da emissão de efluentes industriais e municipais (USEPA, 1986). No Brasil, alguns programas de avaliação de toxicidade de efluentes líquidos têm sido realizados com a finalidade de se desenvolver critérios para lançamento desses despejos em corpos de água (CETESB, 1986a e b). Com esse mesmo objetivo, em 1986 decidiu-se incluir no Programa "Ação Integrada de Controle de Poluição na Bacia do Piracicaba", da CETESB, a avaliação da toxicidade de alguns efluentes industriais, de difícil caracterização físico-química, bem como estimar o impacto que esses efluentes pudessem causar aos organismos aquáticos e, por consequência, auxiliar nas ações de controle.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Com o propósito de avaliar a toxicidade aguda de amostras compostas, foram realizados testes de oito horas com o microcrustáceo *Daphnia similis* nos efluentes líquidos de sete indústrias da bacia do Piracicaba (CETESB, 1987b), discriminadas na Tabela 1. Foi também testada uma amostra instantânea do efluente de uma indústria química e farmacêutica, caracterizada com a letra H.

Tabela 1 - Relação das indústrias e atividades.

Indústria	Atividade Industrial
A	Papel e Celulose
B	Papel
C	Refinaria de petróleo
D	Papel e Celulose
E	Química
F	Têxtil
G	Química

Os testes de toxicidade aguda foram efetuados segundo o método descrito na Norma CETESB (1986c) e os seus resultados expressos em termos de porcentagem da amostra que inibe a mobilidade de 50% dos organismos, num período de 24 horas de exposição, ou seja, CE (I) 50; 24 horas.

Para a estimativa de impacto foram utilizados os dados de toxicidade aguda, vazão dos efluentes finais e dados de vazão mínima dos rios ( $Q_{7,10}$ ). Foram aplicados os modelos desenvolvidos pela USEPA (1985), como segue:

$$CER \leq \frac{CE(I) 50}{3} \quad (\text{para evitar efeito tóxico agudo}),$$

$$CER \leq \frac{CE(I) 50}{10} \quad (\text{para evitar efeito crônico}),$$

onde:

$$CER = \frac{\text{vazão do efluente (l/s)}}{\text{vazão do efluente} + Q_{7,10} \text{ (l/s)}} \times 100$$

CER = concentração do efluente no rio

Divisor 3 = fator de aplicação para prevenir efeitos agudos;

Divisor 10 = fator de aplicação para prevenir efeitos crônicos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes de toxicidade das amostras de efluentes líquidos industriais estão reunidos na Tabela 1. Pela análise dessa tabela, verifica-se que o efluente final da indústria F (ponto 2) foi o mais tóxico à *Daphnia similis*, seguido do efluente da indústria C, e assim sucessivamente.

Os corpos receptores desses efluentes são rios que pertencem à classe 2, isto é, aqueles para os quais está prevista a preservação da flora e fauna aquáticas (Estado de São Paulo, 1976). Em função dos usos preponderantes das águas, estabelecidos por lei para essa classe, foi estimado o impacto do lançamento dos efluentes líquidos nos corpos receptores, com o propósito de prevenir a ocorrência de efeitos deletérios à biota aquática, pela emissão de efluentes tóxicos. Essa previsão se baseia na análise conjunta da toxicidade do efluente (concentração do efluente que causa efeito tóxico a organismos aquáticos) e na concentração estimada do mesmo no corpo receptor, partindo-se do princípio de que o efluente tenha uma mistura completa no ponto de lançamento (USEPA, 1985).

De acordo com a estimativa de impacto apresentada neste trabalho, verifica-se a necessidade de as indústrias F (ponto 2) e C reduzirem a toxicidade de seus efluentes, conforme o estabelecido na Tabela 2, para que sejam evitados efeitos agudos e crônicos à biota do corpo receptor.

Embora os efluentes das indústrias A, D e E não tenham apresentado toxicidade aguda, isso não descarta a possibilidade da presença de substâncias tóxicas neles, que possam causar um efeito crônico, como foi observado no efluente final de uma dessas indústrias (Galvão *et alii*, 1987). Diante disso, sugere-se aplicar testes de toxicidade crônica para os efluentes dessas indústrias, bem como para os demais e, ainda, que sejam utilizados outros grupos de organismos, ao invés de uma só espécie (*D. similis*), como foi utilizado neste trabalho. Desse modo, é possível estimar com maior precisão o impacto que esses efluentes possam causar para o ambiente aquático em função de resultados mais significativos para o ecossistema.

Além da avaliação da toxicidade, podem ser desenvolvidos outros estudos em função das características dos efluentes, como por exemplo a sua pluma de dispersão nos rios e a bioacumulação de poluentes contidos nos efluentes.

Embora a toxicidade de efluentes nem sempre esteja relacionada com os teores das substâncias presentes, é possível supor que, no efluente da indústria C, o efeito tóxico observado seja devido aos elevados teores de sulfeto e fenóis, 13,0 e 28,7 mg/l respectivamente (CETESB, 1987b), levando-se em consideração que 0,01 mg/l a 0,04 mg/l em sulfeto e 5 mg/l a 29,0 mg/l de fenol causam efeito letal agudo em organismos aquáticos (Brungs *et alii*, 1977; CETESB, 1986a). Deve-se ressaltar que, caso os teores de sulfeto fossem reduzidos ao nível de 1,0 mg/l, estabelecido nos padrões de emissão da Resolução CONAMA nº 20 (Brasil,

**Tabela 2 - Resultados dos testes de toxicidade com despejos líquidos e dados complementares para a estimativa de impacto.**

Indústria	Identificação do Efluente	CE (I) 50; 24 h (%)	Vazão Média do Efluente (l/s)	Corpo Receptor Vazão (l/s)	Concentração do Efluente no Corpo Receptor (CER) (%)	Redução da Toxicidade para Prevenir Efeitos Deletérios (em %)	
						Agudo	Crônico
F	Efluente final (ponto 2)	0,18	1,5	Rib. Jacarezinho 340	0,44	86 (1,33)**	96 (4,4)**
C	Efluente final	1,2	177,8	Rio Atibaia 9.300	1,9	79 (5,7)**	94 (19)**
G	Efluente bruto Efluente final	10,0 69	- 0,6	- Ribeirão Claro 590	- 0,1	***	***
B	Efluente final	30,0	202,8	Rio Piracicaba 35.800	0,6	***	***
F	Efluente final (ponto 1)	48,2	10,6	Rib. Jacarezinho 340	3,0	***	***
H	Efluente final	48,5	13,9	Rio Atibaia 8.400	0,2	***	***
E	Efluente final	Não tóxico	-	Rio Corumbataí	-	***	***
D	Efluente final	Não tóxico	574	Rio Piracicaba 2.300	20,0	***	***
A	Efluente final	Não tóxico	166,7	Rio Piracicaba 24.100	0,7	***	***

\* Valor médio de dois testes.

\*\* Valores entre parênteses: CE50 mínima necessária para não causar efeitos.

\*\*\* Redução não necessária.

1986), provavelmente esta substância ainda causaria efeito letal aos organismos. Quanto ao fenol, poder-se-ia esperar uma diminuição do efeito tóxico se seus teores fossem reduzidos a 0,5 mg/l, conforme a referida Resolução.

Com relação aos demais efluentes, principalmente o da indústria F (ponto 2), os baixos teores das substâncias analisadas não justificaram a sua elevada toxicidade (CETESB, 1987b). Cabe mencionar que esses efluentes, muitas vezes altamente tóxicos, atendiam aos padrões de emissão estabelecidos por lei.

Devido aos elevados teores de algumas substâncias em determinados efluentes estudados e, ainda, em função exclusivamente da toxicidade detectada, é necessário buscar soluções para o controle desses despejos tóxicos.

Nos últimos anos, muitas pesquisas têm sido direcionadas para avaliar a eficiência de remoção da toxicidade em sistemas convencionais de tratamento de efluentes líquidos (Horning *et alii*, 1984; USEPA, 1984). Em muitos casos, a redução da toxicidade pode ser obtida através desses sistemas, a exemplo dos resultados dos testes de toxicidade realizados com o efluente bruto (sem tratamento) e o efluente final do sistema de tratamento da indústria G (tabela 2), onde a CE (I) 50 ob-

servada em 10% do efluente bruto passou a 69% após o tratamento, tendo havido, portanto, uma redução de 86% da toxicidade aguda.

Diante do exposto, é importante que os tratamentos de efluentes sejam implementados, com vistas à redução de toxicidade. E, como amparo legal às ações de controle, a Resolução CONAMA nº 20 (Brasil, 1986) fornece subsídios para a exigência dessa implementação quando necessária. De acordo com essa Resolução, enquanto os padrões de qualidade das águas constituem-se em limites individuais de substâncias químicas, o Artigo 12 da referida lei considera que eventuais ações sinérgicas entre essas substâncias "não poderão conferir às águas características capazes de causarem efeitos letais ou alterações de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida". Nessa mesma Resolução, o Artigo 21 fixa os padrões numéricos de emissão para várias substâncias, sendo que no Artigo 23 está estabelecido que "os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento".

Portanto, através dessas disposições legais é possível a abordagem integrada entre os padrões numéricos e descritivos (testes de toxicidade) para assegurar a qualidade das águas em função dos usos a que se destinam.

## CONCLUSÃO

De acordo com a estimativa de impacto realizada neste trabalho, verifica-se a necessidade de que duas das indústrias estudadas reduzam a toxicidade de seus efluentes líquidos, para que sejam evitados efeitos tóxicos à biota do corpo receptor.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração dos profissionais da CETESB que atuam na Gerência de Avaliação de Desempenho de Sistemas de Tratamento, pelo apoio técnico-operacional, e à Coordenadoria do PROCOP – Programa de Controle de Poluição, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- 1 - BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 20, de 18/6/1986. *Diário Oficial da União*, 30.Jul.1986.
- 2 - BRUNGS, W. A. *et alii*. Effects of pollution on freshwater fish. *Journal Water Pollution Control Federation*: 1425-1493, Jun.1977.
- 3 - CETESB, São Paulo (a). *Avaliação da toxicidade das águas, sedimentos dos rios e efluentes industriais da região de Cubatão*. São Paulo, CETESB, 1986. 136 p.
- 4 - ——— São Paulo (b). *Avaliação da toxicidade de efluentes de indústrias de papel e celulose*. São Paulo, CETESB, 1986. 56 p.
- 5 - ——— São Paulo (c). *Água – Teste de toxicidade aguda com Daphnia similis Claus, 1876 (Cladocera, Crustácea)*. 1986. 27 p. (Norma Técnica nº L5.018).
- 6 - ——— São Paulo (a). *Avaliação da toxicidade de despejos industriais na Região da Grande São Paulo*, CETESB, 1987. 92 p.
- 7 - ——— São Paulo (b). *Avaliação da toxicidade de efluentes líquidos de algumas indústrias localizadas na bacia do rio Piracicaba*. CETESB, 1987. 8 p.
- 8 - ESTADO DE SÃO PAULO, decretos, leis etc. Decreto nº 8468, de 8/7/1976. In: CETESB, São Paulo. *Legislação básica: poluição ambiental estadual e federal*. São Paulo, 1982. p. 7-53.
- 9 - GALVÃO FILHO, J. B. *et alii*. *Treatability studies and toxicity reduction in pulp mill effluents*. São Paulo, 1987. 11 p. (no prelo).
- 10 - GHERARDI GOLDSTEIN, E. *et alii*. Avaliação da toxicidade dos principais despejos industriais da região da ERQ-Suzano, através de ensaios biológicos. *Revista DAE*, São Paulo, SABESP, (132): 42-48, 1983.
- 11 - HORNING, W. B.; ROBINSON, E. L.; PETRASEK Jr., A. C. Reduction in toxicity of organic priority pollutants by pilot-scale conventional wastewater treatment process. *Archives of Environmental Contamination Toxicology*, 13: 191-196, 1984.
- 12 - USEPA, Washington. *Biological testing to control toxic water pollutants: the United States experience*. Varese, Italy, ISPRA Res. Centre, 1986. 13 p. (Presented in International Seminar on the Use of Biological Tests for Water Pollution Assessment and Control, Varese, 1986).
- 13 - USEPA, Washington. *Technical support document for water quality based toxics control*. Washington, D. C., EPA, 1985. 74 p.
- 14 - ——— *Toxicity reduction manual for the organic chemical industry*. Cincinnati, Industrial Environ. Res. Laboratory, EPA, 1984. 43 p.