

Toxicidade de efluentes industriais na Grande São Paulo

EDUARDO BERTOLETTI
ELENITA GHERARDI GOLDSTEIN
MARION GROSZE NIPPER

Biólogos da Cetesb-Cia. de Tecnologia e Saneamento Ambiental

Através de testes com *Daphnia similis* foi avaliada a toxicidade aguda de 84 efluentes industriais na Região da Grande São Paulo. Verificou-se que grande parte dos efluentes estudados apresentou elevada toxicidade, sendo que através da hierarquização das cargas tóxicas foi possível identificar os efluentes industriais mais críticos na região em estudo. A utilização de testes de toxicidade para subsidiar ações de controle é sugerida e discutida, e são apresentadas propostas para sua aplicação.

A introdução de substâncias tóxicas no ambiente aquático através de atividades antropogênicas tornou-se um assunto relevante e de grande preocupação, que tem sido analisado cada vez mais intensivamente. Vários estudos têm sido desenvolvidos na tentativa de identificar as fontes geradoras de agentes tóxicos, com vistas a reduzir a emissão desses agentes, sendo que os efluentes líquidos industriais ocupam lugar de destaque nestes estudos.

O expressivo progresso na área da Toxicologia Aquática nos últimos 30 anos resultou no desenvolvimento de métodos para auxiliar na previsão do impacto de efluentes industriais em corpos hídricos receptores. Apesar desses métodos, denominados testes de toxicidade, não caracterizarem qualitativa ou quantitativamente os agentes tóxicos presentes num efluente industrial, eles possibilitam a detecção da ocorrência ou não de efeitos tóxicos a organismos aquáticos em função das interações ou reações específicas que as substâncias numa mistura podem produzir. Portanto, as avaliações toxicológicas fornecem parte das informações necessárias para a disposição segura de um efluente industrial, em complementação às análises físico-químicas que caracterizam o despejo, podendo indicar a que nível as ações de controle dos agentes tóxicos estão sendo convenientemente empregadas.

Por este motivo, indústrias e órgãos de controle de poluição de países altamente industrializados como os EUA, França, Alemanha e Canadá (OECD, 1984) têm utilizado rotineiramente os testes toxicológicos com efluentes líquidos industriais, buscando um conhecimento mais completo sobre o potencial poluidor destes despejos, visando desse modo à proteção efetiva dos recursos hídricos receptores. Assim, esses testes, outrora considerados supérfluos ou sofisticados, tornaram-se obrigatórios, principalmente quando se trata de efluentes quimicamente complexos.

No Estado de São Paulo, a importância dos testes de toxicidade com efluentes industriais para avaliação do impacto destes ao ambiente aquático tem sido demonstrada pela Cetesb —

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb, 1986 a, b). No entanto, os estudos sobre a toxicidade de efluentes industriais na região mais industrializada do Brasil, a Grande São Paulo, permanecem restritos ao trabalho desenvolvido com as indústrias localizadas na área da Estação de Tratamento de Esgotos de Suzano, (Gherardi—Goldstein *et alii*, 1983).

Considerando as alternativas propostas para o Plano Diretor, quanto à disposição e tratamento de efluentes líquidos industriais na Região da Grande São Paulo, este estudo tem o objetivo de avaliar a toxicidade dos principais efluentes dessa região, hierarquizá-los e sugerir a utilização de testes de toxicidade, visando subsidiar as futuras ações de controle, independentemente das soluções técnicas a serem adotadas para o destino final desses despejos.

MATERIAIS E METODOS

No presente estudo foram realizados testes de toxicidade com efluentes líquidos de indústrias do ABCD paulista, Osasco e Guarulhos. As mesmas pertenciam a um universo de 519 fábricas, que lançam seus efluentes nas regiões que teriam seus resíduos tratados pelas Estações de Tratamento de Esgoto do ABC (ETE-ABC) e Barueri (ETE-Barueri), de acordo com o previsto no Plano Diretor Sanegran (Governo do Estado de São Paulo, 1977, e Hidroservice, 1977).

Os seguintes aspectos foram considerados para seleção das indústrias a serem analisadas:

- natureza da atividade industrial;
- agentes tóxicos utilizados no processo industrial;
- análises químicas dos efluentes, efetuadas anteriormente;
- vazão diária dos efluentes;
- frequência dos despejos.

Considerou-se mais relevante, para a presente pesquisa, o uso de efluentes de indústrias que possuíssem despejos diários, desprezando-se aqueles que tivessem descartes periódicos (semanais, quinzenais ou mensais).

Com base em dados dos relatórios Sabesp (s/d) e Cetesb (1978, 1979 e 1982 a), atualizados através de um trabalho de campo, foram selecionadas 76 indústrias e os pontos para amostragem dos efluentes das mesmas. Destas, 61 eram localizadas na área de influência da ETE-ABC e 15 na região da ETE-Barueri. Os efluentes foram codificados para melhor manuseio dos dados, sendo que aqueles enumerados e acompanhados de letras representam diferentes efluentes de uma mesma indústria (Tabs. 1 e 2).

Os efluentes industriais com vazão contínua foram amostrados em função das características do processo industrial, ou seja, as amostragens foram efetuadas durante o período de produção máxima (aproximadamente 7 horas) com intervalos de tempo que variaram de 30 a 60 minutos. Os efluentes que possuíam descartes diários, por batelada, foram amostrados instantaneamente. As vazões foram medidas utilizando-se baldes e cronômetros, vertedores triangulares (90°) e, nos casos onde não se aplicavam os métodos anteriores, utilizou-se o método radioisotópico (Agudo, 1979).

As amostras foram armazenadas em frascos descartáveis totalmente cheios. Antes de completar 24 horas do início das coletas, as amostras foram compostas, proporcionalmente à vazão instantânea, sendo posteriormente utilizadas para os testes de toxicidade e para as análises químicas.

Foram realizados testes de toxicidade com *Daphniasimilis* (Crustacea: Cladocera), conforme método Cetesh (1986 d). Os resultados destes testes foram expressos em CE(I)50-24h, isto é, em porcentagem do efluente (v/v) que causa imobilidade a 50% dos organismos após 24 horas de exposição. Os cálculos da CE(I)50-24h e seus respectivos intervalos de confiança ($p = 0,05$) foram obtidos pelo método de Litchfield & Wilcoxon (1949). Para transformar a relação inversa da toxicidade em relação direta, os dados expressos em CE(I)50 foram convertidos em unidades tóxicas, conforme a expressão:

$$U.T. = \frac{100}{CE(I)50 - 24h}$$

A carga tóxica dos efluentes foi estimada multiplicando-se o resultado do teste de toxicidade, expresso em U.T., pela vazão média de cada despejo.

Foi efetuada uma análise comparativa entre os dados de vazão obtidos experimentalmente no presente estudo, nos anos de 1984, 1985 e 1986, e os dados estimados através das informações levantadas entre 1977 e 1980 (Sabesp, s/d), de 98 indústrias selecionadas. Com base nesses dados foi estimada a porcentagem de contribuição dos efluentes estudados em relação à vazão total estimada dos efluentes industriais da região.

RESULTADOS

No Quadro 1 constam os dados relativos aos cálculos para a estimativa da contribuição dos efluentes industriais estudados, para a área de influência da ETE-ABC. Esses efluentes abrangem aproximadamente 87% das vazões industriais na região.

No Quadro 2, são apresentados as mesmas estimativas para a área da ETE-Barueri, onde se observa que os efluentes estudados correspondem, aproximadamente, a 73% das vazões industriais na região.

Na Tabela 1 são apresentados os dados básicos obtidos nesse trabalho, ou seja, toxicidade aguda expressa em CE(I)50-24h e em U.T., vazão média dos efluentes industriais, identificação dos corpos receptores e tipo de tratamento dos despejos. Nota-se, através dessa tabela, que a maioria dos efluentes estudados na região da ETE-ABC apresentaram toxicidade aguda, à exceção dos efluentes n.ºs. 10, 57C e 57D. Verifica-se, ainda, que 39 dentre os 68 efluentes estudados nesta região, representando 57% do total, são altamente tóxicos com valores de CE(I)50 menores que 10%. Na Tabela 2 constam os resultados das variáveis e as informações acima citadas para os efluentes estudados na região da ETE-Barueri, onde se observa que apenas o efluente n.º 70 não apresentou toxicidade aguda a *Daphnia similis*. Nessa região, valores de CE(I)50 abaixo do nível de 10% foram detectados em 44% dos efluentes estudados.

Foi também constatada uma ampla variação na toxicidade dos efluentes, tanto entre as diferentes atividades industriais como dentro de cada uma delas. No caso das indústrias têxteis, por exemplo, observou-se que a toxicidade dos efluentes variou desde níveis muito tóxicos ($CE(I)50 = 0,02\%$) até pouco tóxicos ($CE(I)50 = 96,0\%$), chegando em alguns casos a não apresentar toxicidade aguda (N.T.).

Nas Figuras 1 e 2 estão representadas, em ordem decrescente, as cargas tóxicas, expressas em logaritmo das Unidades Tóxicas (UT), dos efluentes das áreas da ETE-ABC e ETE-Barueri, respectivamente. Nestas figuras estão indicadas as contribuições relativas de alguns grupos de efluentes para a carga tóxica total estimada para as duas regiões.

QUADRO 1
Demonstração da estimativa de contribuição dos efluentes estudados, para a área de influência da ETE-ABC.

Vazão total de efluentes industriais na região (1977/1980)	99.123m ³ /dia
Vazões extintas (desativação de 10 indústrias na região)	-9.384m ³ /dia
Vazão de indústria que utiliza água de rio apenas para resfriamento	-15.528m ³ /dia
Estimativa da redução média de vazões industriais, no período de estudo (1984/1985) (15,4% * de 74,211m ³ /dia)	-11.428m ³ /dia
Vazão total estimada, atualizada, de efluentes industriais na região de estudo	62.783m ³ /dia
Vazão total dos efluentes industriais amostrados no estudo	54.392m ³ /dia
Porcentagem de contribuição dos efluentes amostrados no estudo, em relação à vazão total estimada	87%

* porcentagem de redução calculada a partir de dados de 70 indústrias.

QUADRO 2
Demonstração da estimativa de contribuição dos efluentes estudados, para a área de influência da ETE-Barueri.

Vazão total de efluentes industriais na região (1977/1980)	24.058m ³ /dia
Estimativa do aumento médio das vazões industriais no período de estudo (1986) (6,4% * de 24.058m ³ /dia)	+ 1.540m ³ /dia
Vazão total estimada, atualizada, de efluentes industriais na região de estudo	25.598m ³ /dia
Vazão total dos efluentes industriais amostrados no estudo	18.727m ³ /dia
Porcentagem de contribuição, dos efluentes amostrados no estudo, em relação a vazão total estimada	73%

* porcentagem de aumento calculada a partir de dados de 14 indústrias.

TABELA 1

Toxicidade, vazão média, corpos hídricos receptores e tipos de tratamento dos efluentes industriais estudados na região da ETE – ABC.

Variáveis	Atividade Industrial	CE(1)50-24h (%)	Unidades Tóxicas (UT)	Vazão Média (m ³ /dia)	Corpos Hídricos Receptores	Tipo de Tratamento dos Despejos Líquidos Industriais ^c
01		0,26	385	18,0	Rio Tamanduateí	Neut., Dec.
02		0,35	282	192,0	Rede Pública de Esgotos	Inexistente
03		0,54	185	153,9	Córrego Feital	Inexistente
04		0,64	156	183,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
05	Metalúrgica	1,45	69	130,0	Rio Grande	Oxid., Red., Neut., Dec.
06		2,66	38	1.287,3	Córrego Itapuã	Inexistente
07		3,80	26	36,0	Ribeirão dos Meninos	Inexistente
08		60,0	2	924,0	Córrego Utinga	Neut., Flocc., Dec., Fil.
09		65,0	2	120,0	Rio Tamanduateí	Neut.
10		N.T.a	0	333,6	Represa Billings	Oxid., Red., Neut., Dec.
11		0,48	208	124,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
12	Mecânica	3,30	30	101,8	Córrego Conhema	Inexistente
13 A		60,0	2	328,0	Rede Pública de Esgotos	Neut., Flocc., Sed.
13 B		I.T.b	1	360,0	Rede Pública de Esgotos	Dec.
14	Material elétrico de comunicação	0,25	400	600,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
15		8,70	11	221,0	Ribeirão Pires	Inexistente
16		23,0	4	1.200,0	Rio Tamanduateí	Dec., Flocc., Fil.
17		0,04	2.500	24,0	Córrego dos Limas	Neut., Dec.
18		0,29	345	232,8	Córrego São Vicente	Neut.
19		0,70	143	70,0	Córrego Pindorama	Inexistente
20		1,20	83	1,2	Córrego Curral Grande	Oxid., Red., Neut.
21		1,65	61	3.542,4	Córrego do Moinho	Inexistente
22		2,30	43	102,0	Córrego Taboão	Oxid., Red., Neut.
23	Material de Transporte	3,40	29	173,6	Ribeirão dos Couros	Inexistente
24		7,00	14	200,0	Córrego Pindorama	Inexistente
25		10,7	9,3	216,0	Ribeirão dos Couros	Dec.
26		52,0	2	54,0	Ribeirão Piraporinha	Separação de óleo
27		75,0	1,3	40,0	Ribeirão dos Couros	Neut., Dec.
28 A		0,15	800.400	1.200,0	Córrego Taboão	Dec., Flocc., Fil., Clor.
28 B		21,5	5	720,0	Córrego Taboão	Inexistente
29		19,2	5	3.586,0	Ribeirão dos Meninos	Inexistente
30	Papel e Papelão	36,0	3	4.200,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
31 A		0,05	2.000	240,0	Rio Guarará	Inexistente
31 B	Borracha	98,0	1	160,0	Rio Cassaquera	Inexistente
32		98,0	1	917,6	Rio Guarará	Inexistente
33 A		0,04	2.500	269,0	Rio Tamanduateí	Dec.
33 B		4,70	21	132,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
34		0,14	714	164,0	Ribeirão dos Couros	Inexistente
35		0,26	385	270,0	Rio Tamanduateí	Neut., Dec.
36		0,30	333	67,0	Rio Tamanduateí	Dec.
37		0,41	244	21,0	Córrego da Capela	Inexistente
38		1,80	55	4.009,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
39		1,90	53	5.808,0	Rio Tamanduateí	Separador de óleo
40		2,22	45	213,0	Rio Tamanduateí	Separador de óleo
41	Química	3,12	32	95,0	Rio Tamanduateí	Neut., Dec.
42		8,75	11	8.251,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
43		9,40	11	360,0	Rede Pública de Esgotos	Inexistente
44		11,6	9	360,0	Ribeirão dos Meninos	Neut., Dec.
45		17,2	6	38,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
46		19,2	5	1.642,0	Rio Tamanduateí	Oxid.
47		24,5	4	125,0	Ribeirão dos Meninos	Neut., Coa., Dec.
48		61,0	2	2.035,0	Rio Grande	Neut.
49		69,0	1,4	318,0	Afluente da Rep. Billings	Filtro Biológico, Dec.
50		96,0	1	304,0	Ribeirão dos Meninos	Inexistente

51	Farmacêutica	6,5	15	875,5	Ribeirão dos Couros	Neut., Dec.
52		19,5	5	60,0	Ribeirão dos Couros	Inexistente
53		0,02	5.000	46,0	Rede Pública de Esgotos	Inexistente
54		1,24	81	143,9	Rede Pública de Esgotos	Inexistente
55		3,90	26	132,2	Rede Pública de Esgotos	Inexistente
56		4,60	22	2.764,9	Rio Tamanduateí	Inexistente
57 A		7,10	14	48,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
57 B	Têxtil	99,0	1	720,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
57 C		N.T.	0	192,0	Rio Tamanduateí	Inexistente
57 D		N.T.	0	480,0	Córrego Carapetuba	Inexistente
58		15,4	6	111,2	Rio Guarará	Inexistente
59		19,0	5	120,0	Rede Pública de Esgotos	Inexistente
60		96,0	1	2.174,0	Córrego Curral Grande	Inexistente
61		44,5	2	50,0	Ribeirão dos Meninos	Inexistente

a) N.T. = Não apresentou efeito tóxico agudo.

b) I.T. = Índices de toxicidade, ou seja, baixa porcentagem de imobilidade na concentração mais elevada testada (90%).

c) Neut. = Neutralização; Dec. = Decantação; Oxid. = Oxidação; Red. = Redução; Floc. = Floculação; Fil. = Filtragem; Sed. = Sedimentação; Clor. = Cloração; Coa. = Coagulação.

TABELA 2

Toxicidade, vazão média, corpos hídricos receptores e tipos de tratamento dos efluentes industriais estudados na região da ETE — Barueri.

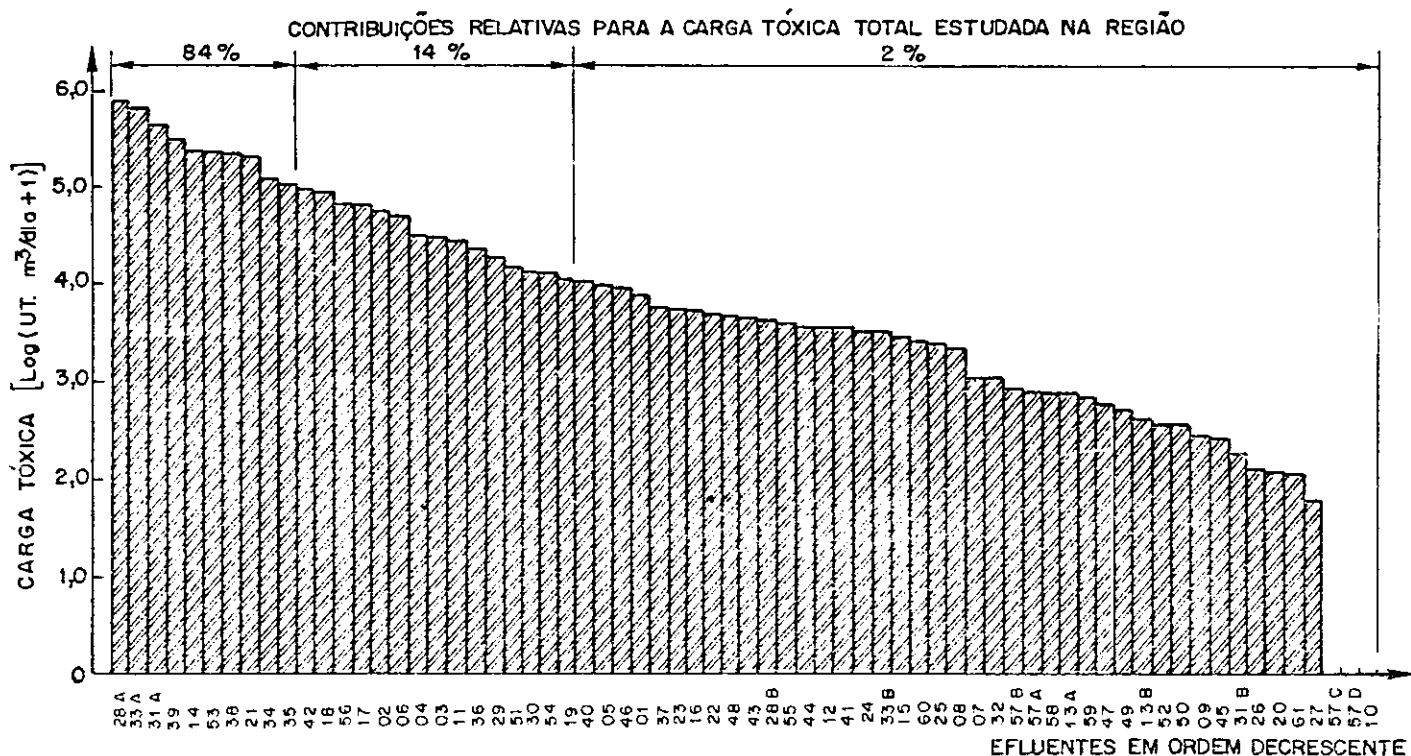
Variáveis	Atividade Industrial	CE(I)50-24h (%)	Unidades Tóxicas (UT)	Vazão Média (m ³ /dia)	Corpos Hídricos Receptores	Tipo de Tratamento dos Despejos Líquidos Industriais ^c
62		42,0	2	325,0	Rede Pública de Esgotos	Oxid., Red., Neut., Dec.
63	Metalúrgica	51,0	2	309,0	Rede Pública de Esgotos	Oxid., Red., Neut., Dec.
64		71,0	1,4	840,0	Rede Pública de Esgotos	Neut., Dec.
65	Mecânica	4,7	21	1.408,0	Córrego Itapegica	Inexistente
66	Material Elétrico de comunicação	0,02	5.000	743,0	Rio Tietê	Neut., Dec.
67		0,28	357	112,0	Córrego sem nome	Neut.
68 A	Material de transporte	0,02	5.000	539,0	Rede Pública de Esgotos	Neut.
68 B		93,0	1	539,0	Rede Pública de Esgotos	Inexistente
69	Papel e Papelão	69,0	1,5	3.840,0	Córrego Bussocaba	Inexistente
70		N.T.a	0	2.333,0	Rio Baquirivú	Inexistente
71	Química	1,85	54	347,0	Córrego sem nome	Inexistente
72	Farmacêutica	33,0	3	2.056,0	Rio Tietê	Inexistente
73		5,8	17	4.900,0	Córrego Bussocaba	Neut.
74	Têxtil	1,6	62	180,0	Córrego sem nome	Inexistente
75		17,0	6	720,0	Valetão	Inexistente
76		I.T.b	1	698,0	Rio Baquirivú	Dec.

a) N.T. = Não apresentou efeito tóxico agudo.

b) I.T. = Índices de toxicidade, ou seja, baixa porcentagem de imobilidade na concentração mais elevada testada (90%)

c) Neut. = Neutralização; Dec. = Decantação; Oxid. = Oxidação; Red. = Redução

FIGURA 1
Escala relativa de carga tóxica, em unidades tóxicas, dos efluentes industriais da região de influência da ETE-ABC.



DISCUSSÃO

Seleção das indústrias

A seleção das indústrias através dos critérios adotados levou ao estudo de cerca de 87% das contribuições industriais na região da ETE-ABC (Quadro 1). Através de uma estimativa da variação das vazões de 70 efluentes, verificou-se uma redução dos despejos devida, provavelmente, à recessão econômica verificada nos anos de 1981 a 1983. Neste período, segundo os industriais entrevistados, houve um remanejamento dos processos, visando à redução do consumo de água e ao reaproveitamento de matéria-prima, acarretando, conseqüentemente, a diminuição dos despejos líquidos.

A redução média das vazões industriais na região da ETE-ABC, no período de 1977/80 a 1984/85, foi da ordem de 15,4%, tendência esta também demonstrada por Migino & Harrington (1984), os quais estimaram uma redução média de 36% nos volumes de despejos para três indústrias, pertencentes a diferentes atividades, na região da Grande São Paulo.

Quanto às contribuições de efluentes industriais para a ETE-Barueri, verifica-se que os efluentes estudados correspondem a 73% das mesmas (Quadro 2). Através da estimativa de variação das vazões de 14 indústrias da região, observou-se uma tendência de aumento destas (6,4%) em relação aos dados anteriores, sendo este fato supostamente atribuído ao aquecimento econômico, ocorrido o ano de 1986, período no qual foram medidas as vazões industriais do presente estudo.

Assim, a análise dos Quadros 1 e 2 revela a existência de uma relação entre o momento sócio-econômico do País e a atividade industrial e conseqüente geração de efluentes líquidos. O assunto extrapola a abrangência deste trabalho, mas é importante ter-se em mente que a situação apresentada e seus resultados absolutos são válidos apenas para o período em que foi desenvolvido o estudo. No entanto, a abordagem geral do trabalho e sua importância independem do aspecto sócio-econômico,

abrindo possibilidades para um melhor gerenciamento e controle de fontes emissoras e de lançamento de agentes tóxicos a ambientes aquáticos.

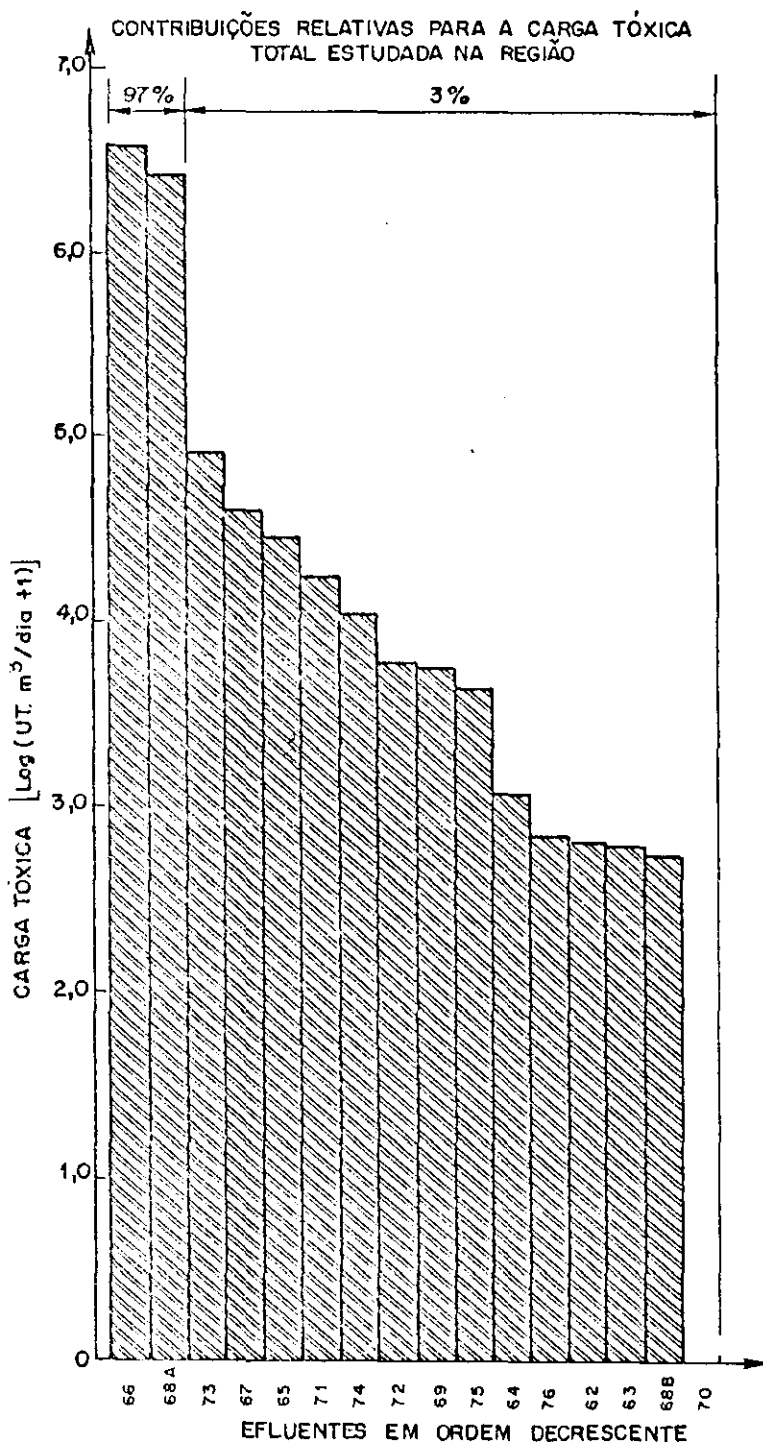
Toxicidade dos efluentes industriais

Os testes de toxicidade demonstraram que a grande maioria dos efluentes causam efeito tóxico agudo a *Daphnia similis*. Esses dados revelam a presença de substâncias tóxicas em concentrações capazes de causar efeitos deletérios a organismos vivos.

De forma geral, os efluentes das indústrias de material de transporte e químicas apresentaram-se mais tóxicos em relação aos efluentes de indústrias de outras atividades (Tabs. 1 e 2), sendo este fato esperado, pois, normalmente, aquelas indústrias possuem efluentes com elevados teores de contaminantes, tais como metais e substâncias orgânicas sintéticas.

Tendo em vista que os efluentes estudados apresentaram toxicidade, mesmo quando submetidos a tratamento para remoção de poluentes (Tab. 1), poder-se-ia supor que sua toxicidade fosse devida à ineficiência operacional dos tratamentos empregados. Para verificar essa suposição, selecionou-se e comparou-se os dados de toxicidade dos efluentes 08, 09, 10, 16, 25, 26, 27, 40, 44, 46, 48 e 49 (Tab. 1). Esses efluentes caracterizam-se por serem submetidos a tratamento e por atenderem aos padrões de emissão estabelecidos no Artigo 18, do Decreto 8468 (Estado de São Paulo, 1976). Verificou-se que 11 (92%) dos efluentes selecionados ainda apresentaram toxicidade, sendo que apenas o efluente n.º 10 não apresentou efeito tóxico agudo aos organismos testados (*Daphnia similis*). Verificou-se ainda que entre esses efluentes há uma grande variabilidade na intensidade do efeito tóxico, da ordem de CE(I)50 de 2,2% até ausência de toxicidade aguda. Em função desses resultados observa-se que os efluentes, mesmo tratados e atendendo aos padrões de emissão, apresentaram valores de CE(I)50 semelhantes aos que não recebem tratamento, demonstrando que a remoção de substâncias tóxicas, aos níveis

FIGURA 2
Escala relativa de carga tóxica, em unidades tóxicas, dos efluentes industriais da região de influência da ETE-Barueri.



exigidos por legislação, não implica necessariamente redução ou ausência de toxicidade a organismos aquáticos.

A toxicidade, como se sabe, deve-se à presença de agentes químicos, os quais podem interagir entre si, e o efeito tóxico e sua intensidade são resultantes da ação global da presença de diferentes substâncias e de suas concentrações biologicamente ativas. Assim, cada efluente pode possuir características toxicológicas específicas, indicando a necessidade de que sejam estudados caso a caso.

A idéia de incluir o "parâmetro" toxicidade como representativo de grupos ou atividades industriais, a exemplo do trabalho apresentado por Oliveira *et alii* (1978), talvez se torne

difícil pois, dentro de cada atividade estudada, observou-se desde ausência até presença de toxicidade extremamente elevada, com CE(I) 50 < 1%. Na realidade, a toxicidade não seria um parâmetro, mas sim uma característica do efluente que é evidenciada através do efeito que causa a um organismo vivo. Desta forma, a eventual utilização da toxicidade para agrupar atividades industriais com base na semelhança dos despejos e métodos de tratamento, visando a definir parâmetros de tratabilidade de efluentes industriais, requer estudos mais aprofundados.

Avaliação da carga tóxica dos efluentes

A otimização de recursos em ações de controle de poluição vem se tornando cada vez mais necessária e pressupõe o estabelecimento de prioridades. A nível de efluentes industriais, a avaliação da carga poluidora é fundamental. Com o objetivo de hierarquizá-los e às respectivas indústrias, foi proposto o método ABC (Campos & Onishi, 1975), que tem sido aplicado a cargas orgânicas, estabelecidas a partir de dados de DBO, na região da Grande São Paulo (Derfísio & Fraga, 1983).

Os efeitos adversos a corpos receptores e a estações de tratamento conjunto de esgotos, decorrentes do lançamento de efluentes industriais, são resultantes não apenas da carga orgânica e das características físico-químicas já bem estudadas e conhecidas, mas também da carga tóxica. Walsh *et alii* (1980) e Gherardi-Goldstein *et alii* (1985) avaliaram a toxicidade de efluentes industriais a organismos aquáticos e com base nesses dados, expressos em unidades tóxicas, estimaram a carga tóxica desses despejos e os hierarquizaram. No presente trabalho, do mesmo modo, as cargas tóxicas dos efluentes da região da ETE-ABC e ETE-Barueri foram estimadas e hierarquizadas (Figs. 1 e 2). Dentre os 68 efluentes estudados (Fig. 1), os 13 primeiros contribuem com 84% da carga tóxica total estimada. Os 15 efluentes subsequentes totalizam 14% da carga estimada, sendo que os 40 restantes contribuem com apenas 2%. Também a Figura 2, referente à região de Barueri, revela nitidamente o destaque que deve ser dado a dois efluentes (66 e 68A), que além de por si só representarem 97% da carga tóxica estudada na região, apresentam uma carga tóxica 37% superior à de toda carga da região do ABC. A hierarquização dos efluentes, apresentada nas Figuras 1 e 2, constitui-se em informação básica para o gerenciamento das cargas tóxicas da região em estudo, tanto a nível técnico como econômico, sejam elas lançadas no ambiente ou em ETEs.

Assim, por exemplo, constatou-se através dos resultados das análises químicas efetuadas (Cetesb, 1987) que os cinco efluentes de maior carga tóxica não atendiam a alguns limites máximos de parâmetros previstos em legislação como o cobre, níquel, cianeto e chumbo. Certamente, os níveis elevados das substâncias citadas influenciaram os resultados dos testes de toxicidade e o atendimento aos padrões legais poderia se constituir em um esforço inicial no trabalho de redução de toxicidade, embora se saiba que um fato não elimina outro, como bem foi demonstrado no item anterior.

A elevada carga tóxica desses efluentes deve-se mais à sua toxicidade, que é característica inerente a eles (Rand & Petrocelli, 1985), do que à vazão, como pode muitas vezes ocorrer. Assim, é possível pensar em várias soluções para o problema, desde a revisão dos processos industriais que levem ao estudo de reaproveitamento de águas dentro da indústria, recuperação de matérias-primas, identificação dos efluentes internos da indústria que mais contribuem para a carga tóxica total do efluente final, até a proposição de sistemas de pré-tratamento para estes efluentes antes de serem lançados à rede ou ao ambiente.

Abordagens ou estratégias de controle semelhantes a esta poderiam ser estudadas ou desenvolvidas para os efluentes de menor prioridade. Embora, comparativamente, as cargas tóxicas desses efluentes sejam irrelevantes, é importante ressaltar

que a toxicidade de alguns é muito elevada (Tab. 1) e que a partir do momento em que sejam resolvidas as situações dos efluentes de maior carga tóxica, o significado dessas contribuições deve se alterar.

Considerando o lançamento provisório em águas superficiais dos efluentes industriais da região da Grande São Paulo, enquanto não forem lançados definitivamente no sistema de coleta de esgotos, algumas observações ainda devem ser feitas com relação à utilização dos dados referentes à carga tóxica. Se os efluentes forem lançados diretamente nos rios, a estimativa de carga tóxica é válida tal qual apresentada para cada efluente e, além de seu impacto no corpo receptor poder ser estimado individualmente, é possível estabelecer o nível máximo e permissível dessa carga para que esse impacto seja evitado. Essa tem sido a abordagem adotada nos Estados Unidos, com sucesso, e que tem revertido em real melhoria da qualidade das águas (Usepa, 1986), independentemente das ações aditivas ou antagonicas entre os efluentes, que podem ocorrer em função da mistura destes no corpo receptor (Usepa, 1985). Assim, ao reduzir a carga tóxica individual, a quantidade de agentes tóxicos lançados ao ambiente é diminuída, validando a hierarquização apresentada.

Se, no entanto, os efluentes forem lançados em ETEs, alguns comentários adicionais se fazem necessários. Um deles se refere à falta de dados que permitam correlacionar, de alguma forma, a toxicidade de efluentes a organismos aquáticos, como *Daphnia similis*, com toxicidade a organismos de lodo ativado ou com níveis de toxicidade máximos compatíveis com tratamento biológico de esgotos. Essa ausência de dados, no entanto, não anula a afirmação de que os resultados obtidos podem revelar quais os efluentes que apresentam maior potencialidade em causar danos ou colapsos nos sistemas biológicos de tratamento de esgotos. Para exemplificar, verificou-se em pesquisa realizada na Cetesb (Cetesb, 1982b), que o efluente de uma indústria química, ao afetar o funcionamento do processo de lodos ativados, também apresentou elevada toxicidade a *Daphnia similis*.

Deve-se considerar ainda a possibilidade de que agentes tóxicos tolerados em elevadas concentrações por organismos de lodo ativado, e, portanto, compatíveis com o sistema biológico de tratamento, podem apresentar elevada toxicidade a *Daphnia similis*. Nessas situações, as prioridades estabelecidas através da carga tóxica poderão ser alteradas. Outro aspecto importante refere-se a agentes tóxicos que passam inalterados através dos sistemas de tratamento ou que são bitransformados em outros compostos tóxicos, e são lançados junto com o efluente final das estações, comprometendo o intuito de melhorar a qualidade das águas do corpo receptor. Nesses casos, o procedimento a ser adotado seria o pré-tratamento (Donald I. Mount, comunicação pessoal).

Ainda há que se considerar o aspecto do efeito conjunto de todos os efluentes que chegam à ETE, que é imprevisível, sendo que a informação referente à carga tóxica não deve ser manipulada da mesma forma que outras variáveis. Galvão *et alii* (1987) por exemplo, demonstraram não haver correlação entre as cargas tóxicas e as de DBO e DQO em vários efluentes de processos industriais. Os autores verificaram também que quando esses efluentes foram reunidos, as cargas finais de DBO e DQO apresentavam tendência aditiva, enquanto o mesmo não ocorreu para as cargas tóxicas. Sob esse aspecto, as porcentagens relativas de contribuição de carga tóxicas de cada efluente podem não ter mais o mesmo significado, sendo no entanto ainda válida a abordagem de hierarquização do problema ao se entender que a redução da toxicidade dos efluentes mais tóxicos significa remoção de substâncias tóxica e, por consequência, menor potencial de impacto ou colapso nos sistemas de tratamento das ETEs.

CONCLUSÃO

Considerando o assunto abordado neste trabalho, torna-se necessário reavaliar os critérios para a disposição de efluentes industriais no sistema público de esgotos, previsto no Plano Diretor de Saneamento Básico da Grande São Paulo. Recentemente, com o propósito de evitar impactos nos sistemas biológicos de tratamento de esgotos, foram estabelecidos teores máximos permissíveis de algumas substâncias nos efluentes industriais (Estado de São Paulo, 1980), a serem recebidos pelas ETEs. No entanto, a observância desses teores em efluentes industriais não exclui a possibilidade de ocorrerem efeitos tóxicos aos organismos aquáticos, significando, portanto, que a toxicidade de um despejo, bem como sua carga tóxica, merecem estudos específicos antes de serem dispostos no ambientes ou em ETEs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — Agudo, E.G.; Sanches, W.S.; Santos, J.L.; Nakahira, S.; Gonzales, R.P. *Calibração e aferição de calhas Parshall por meio de traçadores — radioativos*. São Paulo, Cetesb, 1979, 11 p. (trabalho apresentado no 10.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Manaus, 1979).
- 2 — Campos, J.F.F. & Onishi, E.Y. *Utilização do método "ABC" para o planejamento e controle objetivo da poluição das águas*. São Paulo, Cetesb, 1975. 14 p. (trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. 8. Rio de Janeiro, 1975).
- 3 — Cetesb. São Paulo. *Avaliação da Carga Poluidora das Indústrias da Grande São Paulo. Relatórios Parciais*. Vols. 1, 2, 4, 6, 7, 8 e 10. São Paulo, 1978.
- 4 — ——— São Paulo. *Avaliação da carga poluidora das indústrias da Grande São Paulo. Relatórios Parciais*. Vols. 1, 2, 4, 5, 6 e 7. São Paulo, 1979.
- 5 — ——— São Paulo. *Condicionamento de efluentes de indústrias químicas para seu lançamento em redes coletoras de esgotos domésticos*. São Paulo, 1982a.
- 6 — ——— São Paulo. *Estudos do tratamento biológico conjunto de esgoto doméstico e despejos das indústrias: Cosim, Hoechst e Cia. Suzano*. São Paulo, 1982b. 64p.
- 7 — ——— São Paulo. *Avaliação da toxicidade das águas, sedimentos dos rios e efluentes industriais da região de Cubatão*. São Paulo, 1986a. 226 p.
- 8 — ——— São Paulo. *Avaliação da toxicidade de efluentes de indústrias de papel e celulose*. São Paulo, 1986b. 51p.
- 9 — ——— São Paulo. *Água — Teste de Toxicidade Aguda com Daphnia similis Claus, 1876 (Cladocera, Crustácea)*. São Paulo, 1986d. 27 p. (Norma Técnica I.5.018).
- 10 — ——— São Paulo. *Avaliação da toxicidade de despejos industriais da região da Grande São Paulo*. São Paulo, 1987. 92 p.
- 11 — Derísio, J.C. & Fraga, J.M. *Utilização do índice de Toxicidade (ITX) e do Método ABC como ferramentas nos programas de controle de poluição das águas*. São Paulo, Cetesb, 1983. 5 p. (Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 12. Camboriu, 1983).
- 12 — Estado de São Paulo, Decretos, Leis etc. Decreto 8468, de 8/7/76. In: Cetesb, São Paulo. *Legislação Básica, Poluição Ambiental Estadual e Federal*. São Paulo, 1982. p. 7-53.
- 13 — Galvão F.º, J.B.; Grieco, V.M.; Araújo, R.P.A.; Ortolano, M.R.; Bertolotti, E.; Ramos, M.L.I.C. *Treatability studies and toxicity reduction in pulp and paper mill effluents*. Tampere. IAWPRC. 1987. 11 p. (trabalho apresentado no II IAWPRC Symposium on Forest Industry Wastewater, Tampere, 1987).

14 — Gherardi-Goldstein, E.; Zagatto, P.A.; Araújo, R.P.A.; Bertolotti, E. Avaliação da Toxicidade dos principais despejos industriais da Região da ERQ-Suzano, através de ensaios biológicos. *Revista DAE*, 43 (132): 42-48. 1983.

15 — Gherardi-Goldstein, E.; Zagatto, P.A.; Bertolotti, E.; Araújo, R.P.A.; Martins, M.H.R.B.; Lombardi, C.C.; *Estimativa da carga poluidora de efluentes industriais da região de Cubatão, através de ensaios biológicos com microcrustáceos e peixes*. São Paulo. Cetesh, 1985. 10 p. (trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 13. Maceió. 1985).

16 — Governo do Estado de São Paulo. Aprovação Oficial do Plano Diretor Sanegran, *Revista DAE*, 23 (110): 30-31. 1977.

17 — Hidroservice — Eng. de Projetos Ltda. Relatório Técnico do Plano Diretor Sanegran — Resumo. *Revista DAE*, 23 (110): 32-95. 1977.

18 — Litchfield, D.J. and Wilcoxon, F. A simplified method of evaluating dose-effect experiments. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 96 (2): 99-113. 1949.

19 — Miglino, I.C. & Harrington, J.J. O impacto da tarifa na geração de efluentes industriais. *Revista DAE*, 44 (138): 212-220. 1984.

20 — Oecd (Organization for Economic Co-operation and Development). Proceedings of the International Workshop on Biological Testing of Effluents. OECD/Usepa/Env. Canada. 367 p. 1984.

21 — Oliveira, H.S.; Borges, P.R.; Cavalcanti, R.G.; Schechter, Z. Desenvolvimento de um programa para o recebimento dos efluentes industriais da RMSP no sistema público de esgotos da Sabesp. *Revista DAE*, 38 (119): 150-158. 1978.

22 — Rand, G.M. & Petrocelli, S.R. *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. Washington. Hemisphere Publ. CO. 1985. 666 p.

23 — Sabesp. São Paulo. *Levantamento Industrial da RMSP — Sistema ABC e Barueri*. São Paulo. (Divulgação Interna).

24 — Usepa. *Technical Support Document for Water Quality-Based Toxics Control*. Washington, D.C. 1985. 74 p.

25 — ———. *Biological Testing to Control Toxic Water Pollutants: The United States Experience*. In: International Seminar on the use of Biological Tests for Water Pollution Assessment and Control. ISPRA Research Centre, Varese, Italy. 1986. 13 p.

26 — Walsh, G.E.; Bahner, I.H.; Horning, W.B. Toxicity of textile mill effluents to freshwater and estuarine algae, crustaceans and fishes. *Environ. Poll. (series A)*, 21: 169-179. 1980.

Os autores agradecem a colaboração das Gerências de Guarulhos e Osasco e à Divisão de Inventário de Fontes de Poluição, ambas da Cetesh, pelo apoio técnico prestado. Este trabalho foi executado com o apoio do Procop, dentro do Programa de Assistência Técnica, Projeto Capacitação Técnica de Recursos Humanos.