

ENSAIOS BIOLÓGICOS PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL POLUIDOR DE RESÍDUOS DE INDÚSTRIAS DE CHAPAS DE FIBRA VEGETAL

WILMA CARDINALE BRANCO *

SAMUEL MURGEL BRANCO **

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com duas finalidades principais: a primeira, de testar um método biológico para avaliação direta dos efeitos ecológicos sanitários de resíduos industriais sobre corpos receptores; o segundo, mais específico, de avaliar esses efeitos no caso da indústria de chapas de fibra vegetal. Os autores têm em vista o princípio básico de que a noção de poluição refere-se ao meio e aos seres que o habitam, como um todo e não a cada um de seus elementos em particular, e, que sua ação mais prejudicial é a exercida sobre a economia de alimentos e oxigênio, ou seja, sobre as condições de sobrevivência dos peixes e outros organismos aquáticos, enquanto que a ação direta, fisiológica — ou mesmo física — exercida sobre estes seres não é mais que um caso particular e possivelmente, muito menos freqüente. Partindo desse princípio, julgam os autores que os ensaios biológicos devam ser realizados com emprego não somente de peixes mas também de microorganismos de vida livre que participam da chamada cadeia alimentar natural dos cursos d'água.

Os resíduos lançados aos corpos receptores pelas indústrias de chapas de fibras vegetais caracterizam-se, principalmente, pela presença de fibras sedimentáveis e em suspensão e tanino responsáveis respectivamente pela elevada turbidez e cor que conferem ao rio receptor, aliados a um baixo pH e elevada demanda de oxigênio.

* Biologista da Divisão de Estudos e Pesquisas do CETESB.

** Professor de Disciplina de Fundamentos Biológicos do Saneamento da Faculdade de Saúde Pública da U.S.P.

O método empregado para a pesquisa consistiu fundamentalmente em adicionar o resíduo em crescentes concentrações, a amostras de águas ricas em plancton vegetal; a cultura de algas e de bactérias em meio sólido; a cultura líquida de microcrustáceos e hidras de água doce e, finalmente, a aquários contendo peixes. Nesta última experiência foram observados os métodos padrão indicados pelo «Standard Methods» para ensaios biológicos com peixes.

Em todos os casos procurou-se eliminar os fatores de demanda de oxigênio, por se tratar de organismos de respiração aeróbia. No total, foram verificados os efeitos do resíduo sobre 26 gêneros de algas, 3 gêneros de peixes, 2 de microcrustáceos, 1 de celenterados, além de bactérias não identificadas.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões principais:

1. O método revelou-se perfeitamente satisfatório e adequado à avaliação direta dos efeitos ecológicos produzidos pelo resíduo em corpos receptores.
2. De um modo geral, o limiar da ação nociva do resíduo testado a microorganismos situa-se abaixo de 20%, embora alguns organismos tenham demonstrado tolerância até de 30%. Em face dos valores obtidos na experiência, os autores consideram como sendo de 10 a 20% a concentração máxima permissível do resíduo em relação ao volume de água disponível no corpo receptor.
3. A ação direta exercida pelos resíduos sobre peixes é de natureza extremamente complexa e variável, dependendo sobretudo do grau de estabilização bioquímica sofrida pelo resíduo.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se o uso de ensaios biológicos não somente com peixes, mas com o maior número possível de espécies representativas da microfauna e microflora aquáticas, como método mais adequado de avaliação dos efeitos produzidos por resíduos industriais sobre a ecologia dos corpos receptores.

1. GENERALIDADES

O presente trabalho foi realizado com dupla finalidade. A primeira, de testar um método direto, biológico para avaliação dos efeitos ecológicos sanitários de resíduos industriais em geral, sobre corpos receptores; o segundo, mais específico, de avaliar esses efeitos no caso da indústria de chapas de fibras vegetal que, embora utilize a mesma matéria prima que muitas das indústrias de celulose e papel — o eucalipto — apresenta um tipo de resíduo diferente dessas, sob vários aspectos.

O primeiro desses objetivos justifica-se não só pela quase ausência de experiência nacional sobre esse tipo de pesquisa como também por nos parecer que o ensaio biológico, quando realizado por métodos padrões, não fornece informações muito completas sobre a totalidade da cadeia alimentar, restringindo-se a observações sobre os efeitos produzidos diretamente pelo resíduo sobre a vida dos peixes. É evidente que os efeitos nocivos exercidos por uma determinada classe de resíduos não podem ser medidos apenas através do grau de inibição ou destruição que os mesmos possam causar diretamente a peixes, mas é igualmente importante avaliar sua nocividade potencial exercida através da inibição ou destruição de outros seres vivos de cuja presença no meio depende a vida dos peixes. O agente estranho — qualquer que seja sua natureza — que, embora não sendo tóxico aos peixes, for capaz de eliminar os seres que lhes servem de alimento ou fonte de oxigênio, estará limitando ou mesmo, eliminando indiretamente a possibilidade de sobrevivência dos peixes. O mesmo será lícito afirmar com relação à destruição de ovos, larvas ou alevinos destes últimos, embora estes aspectos não tenham sido investigados no presente trabalho. A noção de poluição refere-se ao meio e aos seres que o habitam como um todo e não a cada um de seus elementos em particular; a sua ação mais sutil e ao mesmo tempo mais desastrosa — é a exercida sobre a economia de alimentos e oxigênio, ou seja, sobre as condições de sobrevivência dos peixes e outros organismos aquáticos enquanto, que a ação direta, fisiológica — ou

mesmo física — exercida sobre esses seres, representa apenas um caso particular e, possivelmente, muito menos frequente.

Em função dessas considerações julgamos que os ensaios biológicos devam ser realizados com emprêgo não somente de peixes, mas também do maior número possível de outros organismos de vida livre, representativos da flora e fauna (especialmente microflora e microfauna) dos cursos d'água da região, como tem já sido proposto por Patrick, com relação a ensaios empregando diatomáceas, insetos e moluscos (5).

Os resíduos lançados aos corpos receptores pelas indústrias de chapas de fibras vegetais caracterizam-se pela presença de fibras sedimentáveis e em suspensão e taninos. O caráter ácido desses resíduos permite que parte da celulose das fibras se hidrolise dando origem a glicose. Os taninos, na forma de tanato férrico, conferem ao rio uma coloração negra que constitui a mais evidente causa de danos ao corpo receptor. Além desta, pode-se admitir, a priori, que conseqüências ecológicas importantes possam resultar da alta demanda de oxigênio, da própria presença física de fibras em suspensão e da formação de lodo orgânico pela precipitação de material sedimentável. O efluente apresentou composição bastante variável nas ocasiões da coleta, podendo ser apresentados, como valores médios, os seguintes:

pH — 5

Resíduo total	2,0 g/l
Resíduo solúvel	1,45 g/l
Sólidos em suspensão	0,55 g/l
Sólidos sedimentáveis	12,0 mg/l
D.Q.O.	1.900,0 mg/l
D.B.O.	1.000,0 mg/l
O.D.	zero mg/l

A principal finalidade prática da pesquisa com o emprêgo deste tipo de resíduo, foi a de procurar indicar qual a carga máxima do mesmo que poderá ser recebida pelo corpo d'água sem prejuízo direto ou indireto de sua fauna piscícola. Não houve preocupação dominante, no decorrer das experiências, em procurar determinar qual o tipo de ação inibidora que tais despejos podem exercer sobre a fauna e flora, a não ser com relação aos peixes, no aspecto que diz respeito à demanda de oxigênio, fator que procuramos eliminar por julgarmos desnecessárias maiores investigações sobre a necessidade de oxigênio para organismos aeróbios. Em termos práticos, preocupava-nos saber se o resíduo permaneceria nocivo à ecologia do rio independentemente de sua capacidade redutora.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As pesquisas realizadas compreenderam duas etapas principais: a experimentação com microrganismos e a experimentação com peixes.

2.1. Experimentação com microrganismos

Foram empregadas, como substratos ricos em microrganismos vegetais, amostras de água das represas de Americana e Billings. Estas eram colhidas semanalmente em garrafas, imediatamente transportadas ao laboratório e distribuídas em frascos aos quais se adicionavam quantidades diferentes de resíduos recém colhidos, em efluentes de indústrias de chapas de fibras de celulose.

Microrganismos animais foram cultivados em condições adequadas, no próprio laboratório. Exemplares destes microrganismos eram transferidos para frascos contendo o mesmo meio e cultura, com suficiente antecedência para permitir a sua aclimação antes que fosse adicionado o resíduo em proporções crescentes como acima indicado.

Para posterior comparação, era mantido, em todas as experiências, um frasco controle, contendo os mesmos tipos e concentrações de microrganismos, o qual, porém não recebia adição do resíduo.

Os microrganismos utilizados foram: algas, hidras, microcrustáceos e bactérias.

2.1.1. Algas

a) **Meio líquido.** Em cada experiência foram preparadas duas séries de seis frascos de beaker com capacidade para 200 ml, contendo concentrações diferentes do resíduo e água das represas.

A observação do efeito provocado pelos despejos era feita após 24,48 ou 72 horas, através de contagem de algas em câmara de Sedgwick-Rafter, pelo método do campo contínuo e comparação com o frasco controle. Na avaliação da concentração de algas foi levado em conta o fator de diluição, provocado pelo acréscimo de volume devido à introdução do resíduo.

b) **Meio de cultura** — Foram preparadas placas de Petri contendo águas da represa Billings, meio de cultura e despejo, em diferentes proporções. O meio de cultura empregado foi o de Chu, modificado por Palmer:

Ca(NO ₃) ₂ , 4H ₂ O	0,0058%
K ₂ HPO ₄ (anidro)	0,001 %
Na ₂ CO ₃ (anidro)	0,002 %
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,0025%

Na ₂ ClO ₃ .5H ₂ O	0,0044%
Citrato Férrico	0,0003%
Ácido cítrico	0,0003%

Juntou-se 1,5% de ágar; o pH foi ajustado para 7.8. As placas foram mantidas em incubadora especial, com iluminação contínua e temperatura variando entre 20°C (mínimo) e 25°C (máximo).

Foram experimentadas concentrações de 5, 10, 20, 30, 50 e 60% do resíduo, e as observações foram feitas após 24 e 48 horas.

2.1.2. Hidras

Foram cultivadas no laboratório hidras de água doce (gênero Hydra), que foram empregadas em testes idênticos aos efetuados com algas.

Foram adicionadas 7 hidras a cada frasco. As concentrações de despejo utilizadas foram 5, 10, 20, 30 e 50%.

2.1.3. Microcrustáceos

Foram utilizados cladoceros do gênero *Daphnia*, Copepodes do gênero *Mesocyclops* e Ostracodos de gênero não identificado. Foram colocados 10 exemplares em cada frasco de experiência e o processo seguido foi o mesmo anterior.

2.1.4. Bactérias

Foi empregado um meio de cultura com extrato de carne líquido, distribuído em tubos de ensaio, e o mesmo meio, acrescido de ágar, em placas. Esse meio permite o crescimento de praticamente todos os tipos de bactérias da água.

Foram utilizadas, nos dois casos, concentrações de despejo de 20, 40, 60 e 80%. A observação dos tubos foi feita diretamente e as colônias nas placas foram contadas com auxílio de microscópio estereoscópico.

2.2. Experimentação com peixes

Foram utilizados na realização dos ensaios biológicos peixes pequenos (peso médio = 3 g) dos gêneros *Tilapia melanopleura* e em menor escala, *Cyprinus carpio*, os quais, embora não sejam autóctones, acham-se largamente distribuídos nas lagoas e represa do Estado de São Paulo, possuindo alto valor econômico e constituindo mesmo as duas únicas espécies criadas para fins comerciais, em nosso meio.

Uma vez que o despejo, ainda que em baixas concentrações, revelou-se pobre em oxigênio

não dissolvido, procedeu-se à aeração do mesmo a fim de manter a concentração de oxigênio em níveis compatíveis com a sobrevivência dos animais.

Foram feitas experiências com concentrações de 20 e 30% sem tratamento e, a seguir com despejo nessas mesmas concentrações previamente aerado e em concentração de 80% filtrado, e não filtrado, aerado.

Foram utilizados em cada experiência números variáveis de espécimens, dependendo do tamanho individual, mantendo-se a relação de 1 grama de peixe para cada litro do meio líquido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ensaios biológicos utilizando algas

A) Meio líquido — Os resultados obtidos da adição de despejos à água de Americana contendo algas, acham-se expostos nas tabelas I e II. Os dados representam médias de quatro amostras.

TABELA I — Efeito do resíduo após 24 horas em águas da represa de Americana

Gênero	Número de algas por ml	
	Contrôle	20%
Anabaena	2 029	74
Glenodinium	1 840	6
Chlorella	160	0
Trachellomonas	164	4
Staurestrum	110	4
Ankistrodesmus	22	0
Oocystis	44	0
Leucoflagelados	raros	vários

Com 80% de resíduos, praticamente não existiam algas. O meio tornou-se muito escuro com muito material em suspensão.

Em uma das experiências citadas, no frasco controle e naquele onde se havia adicionado resíduo na concentração de 20%, procedeu-se à verificação do número de organismos após mais 48 horas. Utilizou-se apenas a concentração 20% por parecer a que apresentou resultados mais significativos.

A tabela II mostra a redução do número de algas após 72 horas de contato com o resíduo.

TABELA II — Efeito do resíduo após 72 horas em águas da represa de Americana

Gênero	Número de algas por ml	
	Contrôle	20%
Anabaena	2 029	74
Glenodinium	1 840	6
Chlorella	160	0
Trachellomonas	164	4
Staurestrum	110	4
Ankistrodesmus	22	0
Oocystis	44	0
Leucoflagelados	raros	vários

A tabela III representa os resultados obtidos em experiências feitas com água da represa Billings, com concentrações do resíduo de 20, 30, 50, 60 e 80%. Os dados representam médias de 6 (seis) amostras, e o tempo de contato foi de 24 horas.

TABELA III — Efeito do resíduo após 24 horas em água da represa Billings

Gênero	Número de algas por ml					
	Contrôle	20%	30%	50%	60%	80%
Melosira	1 205	117	101	115	97	74
Cyclotella	375	33	23	6	0	0
Pediastrum	433	46	27	24	23	24
Scenedesmus	143	5	2	4	2	0
Synedra	156	7	0	0	0	0
Microactinium	62	5	0	0	0	0
Coelastrum	52	10	3	0	0	0
Actinastrum	27	4	1	2	0	0
Staurestrum	32	3	0	0	0	0
Oocystis	22	2	2	0	0	0
Dictyosphaerium	99	11	0	0	0	0
Ankistrodesmus	13	2	0	0	0	0
Golenkiniopsis	13	0	0	0	0	0
Gyrosigma	4	0	0	0	0	0
Trachellomonas	22	2	0	0	0	0
Navicula	30	2	2	2	1	0
Closterium	9	0	0	0	0	0
Selenastrum	17	3	0	0	0	0
Amphora	4	0	0	0	0	0
Euglenofíceas	32	4	0	0	0	0
Leucoflagelados	raros	gde.nº	gde.nº	gde.nº	gde.nº	gde.nº

Procedeu-se em seguida, à verificação do efeito dos resíduos em concentrações inferiores, a 20%. Os resultados desta experiência acham-se descritos na tabela IV, cujos dados representam médias de três amostras.

TABELA IV — Efeito do resíduo após 24 horas em água da represa Billings

Gênero *	Conc. do resíduo	Número de algas por ml					
		Contrôle	2%	5%	10%	20%	50%
Dictyosphaerium	1 034	924	990	721	264	132	
Trachellomonas	1 298	1 745	946	440	308	154	
Microactinium	330	381	275	154	55	22	
Pediastrum	205	212	98	99	55	22	
Cyclotella	752	701	659	254	132	66	
Selenastrum	154	172	169	137	88	44	
Coelastrum	98	110	110	66	22	0	
Scenedesmus	33	22	22	0	0	0	
Melosira	110	156	99	44	22	0	
Microcystis	110	132	88	66	44	22	
Staurostrum	22	44	22	0	44	0	
Ankistrodesmus	77	44	0	0	0	0	
Synedra	99	101	98	0	22	0	
Oocystis	166	132	110	112	99	0	
Actinastrum	22	66	22	0	0	0	
Dimorphococcus	22	22	44	0	0	0	

* Houve sensível modificação dos gêneros dominantes na represa, nestas coletas.

A adição do resíduo à água da represa provoca sensível aumento da cor do meio, indicando que no rio, a limitação da penetração de luz venha a constituir provavelmente, o primeiro efeito a ser considerado, sendo este um fator importante em relação aos microrganismos fotossintetizantes, e indiretamente aos demais seres que dependem da pré-existência dos fotossintetizantes, como fonte de alimento e de O₂. Além disso, o material poluidor após certo tempo floclula, formando grandes aglomerados gelatinosos (contendo algumas fibras de celulose e grande quantidade de material amorfo) que englobam elevado número de algas e outros microrganismos, arrastando-os para o fundo do recipiente.

Conseqüentemente, esse mesmo fenômeno físico-químico é responsável por uma sensível redução no número de organismos em suspensão, sem que se trate contudo, de efeito tóxico. Deve-se considerar, que esse mecanismo pode existir no próprio rio, constituindo fator de redução e eliminação do plancton natural.

Nos resultados obtidos pôde-se observar:

- a) variação da sensibilidade das algas ao resíduo, conforme o gênero considerado. No entanto, parece que de um modo geral, há uma redução drástica do número de orga-

nismos com 20% de concentração (e as vezes até com 10%). Apenas no caso das algas do gênero *Anabaena* (Tabela I), essa redução não é evidente, por haver fragmentação dos fios, e como estes são tomados como unidade, há uma aparente manutenção do número de organismos, embora o número de células tenha sido reduzido sensivelmente.

- b) com concentrações acima de 20% de resíduo não se observa, em geral, uma redução progressiva, proporcional à concentração, o que indica que seja qual for o mecanismo (físico ou químico) de destruição das algas, as formas resistentes a 20% resistem também a concentrações maiores.
- c) verificou-se que com a adição de quantidades pequenas de resíduo (inferiores a 10%), há, em certos casos, um aumento do número de algas, parecendo significar que, quando o resíduo é introduzido em pequenas frações, não chegando a obscurecer muito o meio ou a causar grande floclulação, além de não ser tóxico, ele até estimula a proliferação de microrganismos provavelmente por introduzir algum micro elemento indispensável à vida desses seres.
- d) as observações acima parecem significar que o valor limite de nocividade, nas condições experimentadas, está situado entre 10 e 20% de resíduo.
- e) há influência do tempo de contato das algas com o resíduo, havendo redução do número das mesmas, tanto maior quanto maior for o tempo de contato. Este, no entanto, parece ser um efeito mecânico de arrastamento de organismos para o fundo, pois quanto maior o tempo, maior a floclulação, até certo limite.

B) Meio sólido — Houve desenvolvimento de algas em todas as placas com concentrações inferiores a 20% e completa inibição as concentrações de 20, 30, 50 e 60%. Esse resultado parece sugerir a existência de ação tóxica no despejo, uma vez que o fator floclulação não tem efeito no meio sólido.

(e as vên-
so das al-
I), essa
fragmen-
tomados
manuten-
ora o nú-
do sensi-

de resí-
a redução
tração, o
mecanismo
das algas,
tem tam-

quantida-
s a 10%),
do núme-
ue, quan-
pequenas
per muito
ção, além
a a próli-
avelmente
nto indis-

ificar que
condições
tre 10 e

das algas
o número
maior fôr
tanto, pa-
arrasta-
ndo, pois
loculação,

volvimento
centrações
s concen-
ltado pa-
a no des-
não tem

3.2. Ensaios biológicos utilizando-se hidras de água doce (Hydra sp)

TABELA V — Resistência de hidras de água doce (Hydra sp) ao resíduo

tempo de conc. de contato resíduo	24 horas	48 horas
Contrôle	4*	4
5%	4	3
10%	3	3
20%	2	2
30%	0	0
50%	0	0

(*) Os números indicam os sobreviventes.

Observa-se pelos resultados obtidos, a permanência de sobreviventes até à concentração de 20% de resíduo, enquanto que, com concentrações superiores, mesmo com 24 horas de contato, ocorre morte de todos os exemplares.

3.3. Ensaios biológicos utilizando-se microcrustáceos

Foram utilizados microcrustáceos das classes Ostracoda (gênero indeterminado), Copepoda (gênero *Mesocyclops*) e Cladocera (gênero *Daphnia*), sendo estes dois últimos reunidos em uma mesma cultura.

Os resultados obtidos com Cladocera e Copepoda acham-se expostos na tabela VI e os obtidos com Ostracoda na tabela VII.

TABELA VI — Resistência de Cladocera e Copepoda à ação do resíduo
(Número de organismos sobreviventes)

Tempo de conc. de contato resíduos	24 horas	48 horas
Contrôle	10	10
5%	10	8
10%	10	8
20%	6	5
30%	3	2
50%	0	0

TABELA VII — Resistência de Ostracoda à ação do resíduo
(Número de organismos sobreviventes)

tempo de conc. de contato resíduo	24 horas	48 horas
Contrôle	7	7
5%	7	7
10%	7	4
20%	6	4
30%	4	3
50%	0	0

3.4. Ensaios biológicos utilizando bactérias

Os tubos apresentaram turvação, indicando resultados positivos em todas as concentrações experimentadas, embora aparentemente, a concentração de bactérias no tubo a 80% fôsse sensivelmente inferior às demais (provavelmente por efeito da diluição do meio de cultura). Entretanto, dada a interferência da turbidez e cor, provocada pela presença do resíduo, tornou-se muito difícil essa avaliação o que nos leva a desaconselhar o método de cultura em meio líquido.

Nas placas, observou-se no controle, o crescimento de grande número de colônias redondas, leitosas, distribuídas por toda a superfície. Os resultados observados nas placas contendo resíduos estão expostos na tabela VIII.

TABELA VIII — Número de colônias desenvolvidas em placas com despejo

Tempo conc. de de resíduos	24 horas	48 horas
Contrôle*	muitas	muitas
20%	0	30
30%	0	35
60%	0	25
80%	0	20

(*) O número de colônias que se desenvolveram nas placas controle foi excessivamente grande impossibilitando a contagem.

Como se pode observar, enquanto que nas placas controle o desenvolvimento se dava em 24 horas, nas placas contendo resíduo, o crescimento de bactérias só se verificou após 48 horas de incubação, indicando possivelmente tratar-se de outros tipos de bactérias que se desenvolveram a partir do próprio resíduo, o qual por outro lado, prejudicaria o crescimento das bactérias normais da água, que aparecem nas placas controle.

Esse resultado, no entanto, exigiria confirmação posterior através de identificação das bactérias.

3.5. Peixes

Os resultados obtidos através da experimentação com peixes não foram conclusivos uma vez que revelaram vários dados contraditórios. Nas primeiras experiências, com baixas concentrações de resíduo, não tratado, ocorreu morte de 100% dos peixes experimentados, uma vez que os teores de O_2 eram baixos.

Foi analisada entretanto, uma segunda possibilidade que, a princípio parecia explicar a morte dos peixes: a presença de fibras de celulose em suspensão que provoca obstrução de suas brânquias, causando asfixia. Afim de testar essas duas possibilidades (ausência de oxigênio e presença de fibras) passou-se a nova sequência de experiências que consistiu em:

- 1) Procurar manter um nível de oxigênio compatível com a vida dos peixes.
- 2) Comparar os índices de mortalidade dos peixes em amostras filtradas para a remoção de partículas em suspensão, com amostras normais, não filtradas.

Essa nova sequência de experiências entretanto, trouxe resultados surpreendentes.

Com relação a manutenção de uma taxa de oxigênio, verificou-se que ocorre uma oscilação diária dos níveis de concentração do oxigênio mantido em solução.

Côm relação aos resultados comparativos de amostras filtradas e não filtradas, obteve-se um índice de mortalidade aparentemente maior nas amostras filtradas do que nas não filtradas. A oscilação de concentração de oxigênio quando a amostra é submetida à aeração prolongada é provavelmente explicável por uma sequência de reações bioquímicas que se realizariam em cadeia, comportando-se, os produtos de uma reação, como inibidores ou ativadores da seguinte.

Um exemplo que se pode sugerir de reação deste tipo, seria a da elevação da concentração de nitrogênio amoniacal como consequência da biodegradação de compostos aminados, favorecendo atividades celulolíticas, que, como se sabe, requerem fontes extra de nitrogênio. Da mesma maneira, muitas outras correlações desse tipo poderão ocorrer num meio aerado. Essas oscilações explicariam também a possibilidade desses resíduos, em fase de estabilização, se caracterizarem por maior ou menor toxidez aos peixes e outros organismos, dependendo do estágio em que se encontram, relativo ao processo geral de estabilização. Esse grande número de variáveis torna o problema muito mais complexo do que se poderia supor de início, tendo em vista apenas correlações simples de DBO e oxigênio dissolvido, considerados em outros tipos de despejos.

Isto nos faz considerar os resultados obtidos com relação a peixes, até o momento, como meras indicações de ordem qualitativa que nos obrigarão, no futuro a reformular o plano de pesquisa, visando medir com mais precisão todas as possíveis influências exercidas especificamente por cada uma dessas variáveis.

CONCLUSÕES

Há um sensível efeito prejudicial de origem físico-química causado pela presença de flocos de matéria gelatinosa, que adsorvem o plâncton arrastando-o para o fundo do rio.

Além disso, há também efeito de natureza tóxica ou fisiológica, que ficou bem evidenciado nas experiências utilizando-se meios de cultura sólidos (placas de ágar), pois neste caso não há evidentemente o fenômeno acima mencionado.

De um modo geral, o limiar de ação nociva do resíduo a micro organismos situa-se abaixo de 20%, embora alguns organismos tenham também demonstrado tolerância um pouco superior (até 30%). A estreita coincidência, entre os valores encontrados nos vários tipos de experiência, utilizando-se diferentes tipos de organismos, leva-nos a considerar como estando entre 10 e 20% a concentração máxima permitível nos despejos in natura em relação ao volume de água disponível no corpo receptor. Concentrações inferiores a 10% agem, às vezes sobre alguns gêneros de algas, mas não agindo sobre todos poderão, quando muito, exercer um efeito seletivo sobre o tipo de plâncton em desenvolvimento.

ção des-
ação de
da bio-
orecen-
abe, re-
mesma
tipo po-
oscila-
de des-
e carac-
aos pei-
estágio
esso ge-
nero de
comple-
ndo em
e oxi-
os tipos

os obti-
o, como
que nos
lano de
io tôdas
icamen-

origem
e flocos
planc-

natureza
videncia-
de cul-
ste caso
na men-

o nociva
abaixo
am tam-
superior
entre os
le expe-
le orga-
ndo en-
permis-
ao vo-
or. Con-
êzes sô-
agindo
rcer um
em de-

A ação direta dos resíduos sobre peixes é de natureza extremamente complexa e variável, dependendo sobretudo do grau de estabilização bio-química sofrida pelo resíduo.

Embora tenha sido verificada morte dos peixes em concentrações de 20 e 30%, esse fenômeno pode ter sido devido às baixas concen-

trações de oxigênio, causadas pela elevada DBO que caracteriza o despejo.

Quanto a ações tóxicas específicas, porém, nada ficou positivado, dada a grande variação da composição química que aparentemente ocorre durante o processo de estabilização.