

# A dinâmica da autodepuração de águas residuárias da industrialização do palmito(\*)

José Luiz Negrão Mucci (1)

## Resumo

O presente trabalho estuda o impacto causado pelo efluente da industrialização do palmito (*Euterpe edulis*) sobre a comunidade biológica presente em esgoto doméstico.

Utilizando-se um reator biológico, submeteu-se um volume constante de amostras de esgoto doméstico a concentrações crescentes do resíduo estudado. Determinou-se a faixa de variação das concentrações, através do "fator de carga".

Analisaram-se, diariamente, parcelas da mistura esgoto/efluente ao microscópio, com o auxílio de uma célula de "Segdwick-Rafter", para determinar-se, qualitativamente, os grupos mais resistentes ao resíduo estudado, e que, portanto, participarão mais diretamente do mesmo. Consideraram-se para tanto, as seguintes classes de Protozoários: Sarcodina, Ciliata e Flagelata, bem como da depuração Rotífera e Nematoda (metazoa).

Avaliações físico-químicas do resíduo revelaram ser a condutividade elevada o fator limitante à sobrevivência normal dos organismos.

O trabalho permite concluir que, dentre os protozoários, os mais sensíveis são os Sarcodina e Flagelata. Para os Metazoários, os Rotíferos são um pouco mais sensíveis que os Nematoda. Este último grupo é o mais resistente dentre todos os citados. Nenhum organismo sobrevive a concentrações correspondentes a fatores de carga superiores a 0,20.

## Abstract

The present study is based on the response, of known biological community, the domestic sewage community, to an impact.

The impact was caused by the effluent of the processing of hearts of palm (*Euterpe edulis*).

A biological reactor was used, to submit a constant volume of domestic sewage samples, to increasing concen-

trations of the waste. The various concentrations were determined through a mathematical relation known as "charge factor".

The most resistant groups of sewage organisms, such as Ciliata, Sarcodina and Flagelata (Protozoa), as well as Rotatoria and Nematoda (Metazoa). This qualitative study was performed through daily analysis of the mixture waste/sewage in a "Segdwick-Rafter" counting cell.

Physicochemical analysis of the waste, showed that its high conductivity, might be the limiting factor to the organisms above mentioned.

One can thus, conclude that the most sensitive groups among the Protozoans, are the Ciliata and the Flagelata. The Nematoda group seems to be the most the most resistant among all the groups studied. The Rotatoria group seems to be a little less resistant than the Nematoda. No animal has survived to any charge factor higher than 0,20.

## Introdução

Estudos para avaliar a reação de ecossistemas aquáticos à deposição de despejos orgânicos industriais são imprescindíveis a fim de que, conhecendo-se seus efeitos, se possam escolher para receptores de despejos corpos de água com capacidade natural de autodepuração, suficiente para permitir sua recuperação.

Neste sentido, o presente trabalho estuda o impacto causado pelo efluente líquido do processamento industrial do palmito sobre a comunidade biológica presente no esgoto doméstico, determinando, qualitativamente, quais os grupos mais resistentes e que atuam mais diretamente na depuração biológica deste resíduo orgânico.

## Obtenção, coleta e transporte do efluente industrial e do esgoto doméstico

Para a obtenção do efluente industrial, foram consultadas quatro indústrias, inclusive fora do Estado de São Paulo. Destas, apenas uma, a Iporan-

ga-Indústria de Conservas, Exportadora e Importadora Ltda., localizada em Eldorado Paulista, São Paulo, concordou em ceder o material.

Coletou-se o efluente, na fase do processamento denominada "imersão em salmoura" (solução de espera). A escolha foi baseada em duas razões: a solução deve ser renovada periodicamente e, para tanto, é frequentemente descartada em rios ou lagos próximos à indústria ou, até mesmo, no solo.

A outra razão em que se fundamentou a escolha foi o fato de ser esta a fase do processamento onde se utiliza a maior quantidade de água.

Este líquido foi coletado diretamente do reservatório, na indústria, e colocado em galões de polietileno. Inicialmente, coletou-se apenas uma pequena quantidade de resíduo (1 litro), para as análises preliminares, pois não havia grande quantidade devido à escassez de matéria-prima a ser processada no dia. O transporte foi feito de maneira a evitar que o efluente ficasse exposto ao sol.

Em outras duas coletas, ao longo do período de execução do presente trabalho, coletaram-se 40 litros de efluente industrial, e o período de tempo que antecedeu o início das análises foi de dois dias.

Para esta pesquisa foi necessário ainda coletar-se amostras de esgoto doméstico. Este material foi obtido na Estação de Tratamento de Esgotos de Pinheiros, operada pela Sabesp-Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. O ponto de coleta de material na estação foi escolhido tendo-se em conta o tipo de tratamento utilizado.

Nesta estação, o tratamento é de nível primário (remoção de sólidos e redução da DBO) e consiste basicamente de um gradeamento, que retém os objetos e materiais flutuantes no esgoto. Segue-se, então, para uma fase de decantação, que remove os sólidos sedimentáveis. Estes formam o que genericamente chamamos de "lodo".

O lodo sofre então um adensamento, que tem por função concentrá-lo. O lodo adensado é depois conduzido

(\*) Resumo da Dissertação de Mestrado apresentada no Inst. de Biociência/USP, orientada pelo prof. dr. Aristides Almeida Rocha

(1) Biólogo, Mestre em Ciências, estagiário do Departamento de Saúde Ambiental Fac. Saúde Pública/USP.

para digestores, onde sofre digestão anaeróbia. A fase líquida é novamente decantada (decantação secundária).

As coletas de esgoto foram feitas sempre no decantador, após as grades. Este ponto foi escolhido pelo fato de o esgoto, aí, apresentar um teor de matéria orgânica suficiente para a manutenção de microrganismos, e também por ser este o local recomendado para a coleta de material, para qualquer tipo de análise referente a esgoto doméstico, de acordo com as normas técnicas da Cetesb (Álvares da Silva, 1977).

## Parâmetros físico-químicos

As amostras foram trazidas para o Laboratório de Físico-Química e Hidrobiologia do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, onde se efetuou uma série de análises para a caracterização do efluente. Analisaram-se também as amostras de esgoto, por necessidade de adaptação do método, como se verá adiante.

No efluente industrial foram analisados os seguintes parâmetros: DBO-Demanda Bioquímica de Oxigênio, Cor, Turbidez e Condutividade, segundo as técnicas preconizadas pelo "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" e Normas Técnicas da Cetesb.

Sendo o resíduo de extrema acidez, foi então necessário que se corrigisse o pH até a neutralidade, utilizando-se uma solução de hidróxido de sódio 1N.

No esgoto foi analisado o teor de sólidos em suspensão voláteis, parâmetro físico-químico, que influencia na manutenção qualitativa e quantitativa da comunidade biológica do esgoto. As análises foram feitas de acordo com a metodologia proposta por Álvares da Silva (1977).

## Procedimentos adotados para a caracterização qualitativa da comunidade biológica

A falta de metodologia específica para a análise hidrobiológica de efluentes da industrialização do palmito, tentou-se, inicialmente, adotar a metodologia utilizada por Branco (1967), na década de 60, para resíduos de fecularia de mandioca.

Desta forma, inicialmente procedeu-se a uma aeração direta do efluente industrial coletado, para acompanhar o desenvolvimento dos microrganismos

que participam do processo de autodepuração.

Todavia, tendo em vista que as condições do efluente "in natura" eram adversas (baixo pH e alta condutividade) ao desenvolvimento dos organismos, optou-se por fazer adaptação de uma técnica desenvolvida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Esta é conhecida como "Reatores Biológicos" e utilizada normalmente em ensaios de tratabilidade, como será descrito subsequentemente.

Deve-se ressaltar que, para a utilização desta técnica, torna-se necessária a obtenção de amostras de esgoto doméstico. Tal fato decorre da constatação, através da bibliografia, das afirmações pessoais de vários técnicos e observações empíricas de que a comunidade de microrganismos no esgoto é cosmopolita, servindo, portanto, à estabilização de qualquer resíduo orgânico biodegradável, desde que sejam mantidas as condições compatíveis à sua sobrevivência.

## Reatores biológicos e fator de carga

A utilização de reatores biológicos tem como finalidade testar a tratabilidade de efluentes industriais em escala de laboratório.

O aparelho consiste de um recipiente de acrílico, com uma divisão interna que origina duas câmaras: a câmara de decantação e a câmara de aeração.

A separação entre estas não é completa, havendo uma comunicação entre as duas, através da parte inferior do reator. A câmara de aeração recebe um fluxo de ar, a partir de um compressor. O ar passa ainda por um difusor, para que haja uma distribuição uniforme por toda a massa líquida. Esta aeração é feita por um orifício, na base do reator.

A câmara de decantação não deve receber nenhuma aeração para que o material possa sofrer sedimentação.

Na parte superior da câmara de decantação existe uma saída lateral, por onde escoo o resíduo tratado, que será posteriormente analisado com a finalidade de se testar a eficiência do tratamento. A capacidade total do reator é de 7 litros (modificado de Modesto Filho, 1982).

O reator representa, em escala reduzida, uma estação de tratamento de esgoto, simulando um tanque de aeração associado a um decantador, onde, devido à sedimentação dos flocos, concentra-se a maior parte da população microbiana.

O esgoto é então colocado neste recipiente, de maneira que a coluna

líquida fique logo abaixo da saída lateral e mantido sob aeração.

O processo baseia-se no fato de que, se for colocada uma certa quantidade de matéria orgânica em contato com a comunidade microbiana do esgoto, esta última degradará a primeira, mineralizando-a, depois de um certo tempo.

A degradação é verificada através da análise da DBO da mistura esgoto/efluente industrial, que transborda pela saída lateral.

O tempo necessário para a degradação total da matéria orgânica bem como a quantidade de efluente industrial utilizada são importantes parâmetros para a implantação de um sistema de tratamento adequado.

Esta técnica auxiliar da Engenharia Sanitária foi, neste trabalho, adaptada para o estudo do impacto causado ao ecossistema aquático pelos resíduos da industrialização do palmito.

No presente caso, trabalhou-se com um reator descontínuo, isto é, não há controle de vazão de saída; controla-se apenas a quantidade de resíduo industrial que entra no sistema.

Os reatores descontínuos exigem que se tomem certas condições como satisfeitas e constantes. Admite-se, por exemplo, que o único fator limitante para o crescimento de organismos fosse a quantidade de substrato, e ainda que condições como presença de nutrientes e ausência de substâncias tóxicas tenham sido satisfeitas.

Para estes reatores, tem-se ainda que supor que, no início, a quantidade de substrato seja sempre maior que a quantidade de microrganismos, e também que o nível de agitação seja suficiente para manter todos os organismos em suspensão.

Quando se coloca o esgoto doméstico no reator, sob aeração, após um período de aclimação, isto é, o tempo necessário para que os organismos se adaptem ao ambiente, nota-se que a massa de microrganismos começa a crescer exponencialmente, e o nível de substrato decresce também exponencialmente, devido à utilização dos mesmos pelos microrganismos, quer para a sua manutenção quer para a formação de protoplasma novo (síntese).

Esta situação define "a fase de crescimento logarítmico", que se caracteriza pelo fato de o substrato não ser limitante ao crescimento dos organismos, que se processa à velocidade máxima, pois aí predominam as reações de síntese.

Com o tempo, a relação substrato/massa de microrganismos decresce, chegando a um ponto em que o primeiro não é mais suficiente para per-

mitir o crescimento dos microrganismos à velocidade máxima. Esta fase onde o substrato passa a ser limitante é chamada de "fase de crescimento em taxa decrescente".

Neste ponto, as reações de síntese diminuem até que o substrato remanescente não seja suficiente para a manutenção da massa de organismos. Estes, então, começam a degradar a matéria orgânica de seu próprio protoplasma, a massa orgânica então decresce. Esta fase é chamada de "fase de respiração endógena".

Verificou-se que esta fase, embora exista sempre, é desprezível quando a relação substrato/organismos é grande no reator. (Alvarenga & Sobrinho, 1975.)

Para o presente trabalho, tentou-se manter os organismos na fase de crescimento logarítmico, inoculando-se o resíduo de maneira regular, determinada pelo "fator de carga".

A quantidade de efluente industrial a ser colocada em contato com o esgoto depende da quantidade de organismos contidos na mostra.

Desta forma, um excesso de resíduo industrial pode agir como um forte intoxicante, ao qual a comunidade de organismos não pode suportar, morrendo quase que imediatamente, inviabilizando qualquer análise que dependa diretamente da atividade biológica.

Por outro lado, uma pequena quantidade de efluente industrial, quando colocada em contato com uma grande massa de organismos, em nada altera a atividade da comunidade biológica.

Tendo em conta que, para o estudo do impacto causado por efluentes industriais, interessa apenas o efeito dos mesmos na redução qualitativa dos microrganismos, vê-se que este efluente deve ser adicionado em taxas crescentes de concentração, de maneira que, inicialmente, a matéria orgânica introduzida auxilie a manutenção da biota na fase de crescimento logarítmico, como foi mencionado anteriormente.

À medida que o efluente é colocado em concentrações maiores, ele passa a ser tóxico, matando os organismos.

Pode-se, então, utilizar o mesmo fator de carga usado em ensaios de tratabilidade para obter-se as concentrações adequadas de efluente industrial.

O fator de carga é dado pela relação:

$$f/m = \frac{Q \times \text{DBO}}{\text{ssv} \times \text{vol.}}$$

onde: Q = Vazão

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

ssv = Sólidos suspensos voláteis no tanque de aeração

vol. = volume total do reator (7 litros)

O parâmetro sólidos em suspensão voláteis (ssv) é obtido filtrando-se uma certa quantidade de esgoto através de asbestos e medindo-se o peso, antes e depois de uma evaporação a 105°C, seguida de incineração a 600°C.

Para os demais parâmetros, utilizaram-se as seguintes faixas: a DBO é mantida em 1 mil mg/l. O valor é muito maior para o resíduo bruto, que deve ser diluído até que a Demanda Bioquímica de Oxigênio atinja aproximadamente este valor.

Quanto aos ssv, para que o esgoto possa ser utilizado adequadamente, este parâmetro deve situar-se entre 600 e 700 mg/l.

Para determinarmos a vazão, através da fórmula antes citada, arbitra-se um valor para o termo f/m, o valor da DBO e dos sólidos em suspensão voláteis são conhecidos.

Desta forma, a única incógnita passa a ser exatamente a vazão (Q), a ser determinada. Sabe-se, assim, o volume de resíduo industrial a ser adicionado no reator.

## Parâmetros hidrobiológicos

Dois dias após a inoculação do efluente industrial procedeu-se à observação de uma amostra coletada na câmara de decantação do reator, sob microscópio óptico comum, com um aumento total de 400 vezes.

Para isto, utilizou-se, ao invés de uma lâmpada comum, uma célula de "Segdwick-Rafter".

Esta célula consiste de uma lâmina escavada, de dimensões adequadas para conter 1 ml de amostra, e coberta com uma lamínula especial.

A principal vantagem em utilizar-se esta célula está no fato de padronizar-se a quantidade de amostra, o que é particularmente útil no caso de análises qualitativas.

No caso, isto veio a eliminar desvios que poderiam ser causados por pequenas alterações nos pontos de coleta dentro do reator biológico, pois embora as amostras tivessem sido sempre retiradas da câmara de decantação, não havia possibilidade de fixar-se um ponto exato, principalmente no que se refere à profundidade.

As observações foram realizadas repetidas vezes, com a finalidade de confirmar os resultados obtidos.

Tais observações visaram, primeiramente, ao conhecimento da fauna das

amostras de esgoto, a fim de compará-las com dados levantados na bibliografia.

Nas etapas posteriores do trabalho, uma vez estabelecida e identificada a comunidade, efetuaram-se observações no sentido de se verificar quais, dentre os grupos encontrados, persistem, quando submetidos a concentrações de efluente industrial que eram aumentadas gradativamente, como foi explicado anteriormente.

A metodologia utilizada é a mesma descrita no manual da "American Water Works Association" (1970).

Não foram consideradas as bactérias, pois a identificação demandaria tempo, o que as torna pouco eficientes como parâmetros de monitoramento da autodepuração.

## Identificação e qualificação dos protozoários para monitoramento de poluição

Cairns, in Hart & Fuller (1974), já afirmava ter aumentado o número de pesquisadores que utilizavam protozoários para o monitoramento de poluição.

Por outro lado, o "Water Quality Criteria" (1974) não faz referência ao uso de protozoários, no estudo de poluição, isto porque, segundo Cairns, alguns autores ainda hesitavam em confiar em tais populações como indicadores.

No entanto, muitos pesquisadores estão mudando de atitude, e utilizando protozoários em estudos ecológicos e ambientais, baseados nas seguintes evidências:

a) Protozoários são animais de ciclo vital rápido, permitindo que se testem os efeitos de poluentes sobre várias gerações, sem que isto demande longos períodos de tempo;

b) São pequenos, de fácil manuseio e requerem recipientes bem menores do que peixes e outros animais;

c) Podem ser cultivados em meios sintéticos, o que garante a repetibilidade do teste, uma condição difícil de se obter com organismos superiores;

d) Sendo unicelulares, os protozoários estão em contato direto com o ambiente e, portanto, mais expostos a "stresses" que organismos superiores;

e) A maioria dos organismos de vida livre é cosmopolita, podendo ser encontrados em todos os ecossistemas, desde que as condições ecológicas sejam semelhantes. Isto permite que sejam utilizados em diferentes continentes, eliminando o problema de análise de resultados;

f) As diferenças de tolerância a resíduos, para peixes, invertebrados e outros microrganismos não são tão grandes como parecem. Patrick et al. (1968), citado por Cairns (1974), demonstram que em diferentes situações, Diatomáceas podem ser menos sensíveis que peixes, ou às vezes mais sensíveis que estes, ou ainda, apresentar sensibilidade comparável a estes animais. O mesmo acontece quando se compara a resistência de peixes com a de protozoários.

A bibliografia consultada, bem como as observações realizadas ao longo do presente trabalho, corroboram a afirmação feita anteriormente de que a comunidade de organismos presentes em um sistema de tratamento de esgoto é relativamente constante, isto é, consiste basicamente dos mesmos grupos de organismos, quando são mantidos os mesmos locais de coleta na estação.

## Efluente industrial

No efluente industrial residuiu a maior dificuldade para a execução deste trabalho, não só no que se refere à sua obtenção, como já foi ressaltado, mas também no levantamento de dados preliminares a respeito do mesmo.

Trabalhos de igual teor, porém, com objetivos totalmente diferentes, foram realizados com vários efluentes industriais (de laticínios, Centurión & Gunther, 1976, de processamento de tomates, Nobre de Farias, 1981 etc.), mas não se tem nenhuma referência a respeito do efluente da industrialização do palmito.

Este fato levou o presente expositor a entrar em contato com agrônomos do Instituto Agrônomo de Campinas, onde a responsável pela seção de plantas tropicais afirmou pessoalmente não ter conhecimento da existência de algum trabalho que avalie o grau de toxicidade do resíduo líquido da industrialização do palmito.

A afirmação acima foi confirmada por um dos químicos do Instituto de Tecnologia de Alimentos, dra. Yuriko Yokomizo.

Levantamentos feitos na biblioteca do referido Instituto, do Instituto Biológico de São Paulo, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e da Cetesb, também não revelaram dados sobre o resíduo em questão.

Os óbices citados acima, aliados ao fato de que, na fase inicial do trabalho, as condições do laboratório ainda eram precárias, tornaram a colaboração do Setor de Tratabilidade de Resíduos da Cetesb de grande valia, pois o resíduo era ainda totalmente

desconhecido, no que se refere às suas características físico-químicas e biológicas, principalmente quanto à Demanda Bioquímica de Oxigênio, cujas análises iniciais só puderam ser realizadas graças ao auxílio desta Companhia.

Para o efluente industrial, foram analisados: cor, turbidez, condutividade, pH e DBO<sub>5,20°C</sub> conforme a tabela abaixo:

Tabela 1 — Parâmetros relativos ao efluente industrial

	"In natura"	pH corrigido	Diluído
Cor (UC)	5,0	300	30
Turbidez (NTU)	4,5	2,5	2,0
Condutividade (μOHMS) pH	1.000	1.000	1.000
DBO (mg/l)	2,3 8.440	7,0 8.440	7,0 1.000

Obs. — Efluente diluído = efluente após diluição para obter-se uma DBO ao redor de 1.000 mg/l.

A cor do efluente industrial "in natura", após a correção do pH e com a diluição para a obtenção de uma DBO aproximada de 1.000 mg/l, evidencia que, quanto a este parâmetro, o efluente estudado não seria prejudicial à qualidade ecológico-sanitária da água onde for lançado, pois em seu estado natural este apresenta uma baixa intensidade de cor (5,0 UC).

A cor aumenta bastante após a correção do pH (200 UC), mas isto só ocorre na presença de um forte alcalinizante; desta forma, a alteração de cor para níveis tão altos dificilmente ocorreria na natureza, uma vez que uma alcalinidade tão acentuada seria incompatível com a sobrevivência da maioria dos organismos de águas continentais.

Além do mais, mesmo que tal mudança de cor ocorresse em ecossistemas naturais, a própria diluição do resíduo industrial no corpo receptor atenuaria seus efeitos, como se verifica pela análise dos dados referentes ao efluente diluído.

Quanto à turbidez o efluente industrial apresenta, quando "in natura", baixos teores de materiais em suspensão: apenas 45 NTU; portanto, não haveria dispersão da luz em grau sig-

nificativo, em rios e lagos onde o resíduo viesse a ser lançado. Desta forma, em estado natural, o resíduo industrial seria inócuo, sob este ponto de vista.

Com o pH neutralizado, a turbidez caiu para 2,5 NTU; talvez pelo fato de o efluente industrial funcionar como indicador de pH, quando tratado com hidróxido de sódio.

Após a diluição, a turbidez estabilizou-se em 2,0 NTU.

Os resultados obtidos mostram que a turbidez deste tipo de resíduo industrial não é alta o suficiente para alterar a penetração de luz em corpos hídricos. Logo, este não é um fator negativo, que possa afetar o equilíbrio do meio aquático.

Com relação à condutividade, esta revelou-se alta mas estável. Tanto para o efluente "in natura" como para o efluente com o pH neutralizado e também após a diluição, a condutividade foi de 1.000 μOHMS.

Estes valores elevados de condutividade eram esperados, pois o efluente industrial aqui estudado consiste de uma solução salina concentrada.

O conhecimento da acidez e da basicidade, representados pelo pH, mostram, para o efluente "in natura", que os valores são muito baixos, estabilizando-se em 2,3.

A grande acidez do resíduo talvez se deva ao alto teor de ácido ascórbico encontrado na composição química do palmito, e também ao ácido cítrico contido na solução.

Pelo fato de o produto ficar imerso em solução salina, e também da quantidade de toletes ser grande, no tanque, uma quantidade considerável

deste ácido pode solubilizar-se no líquido, acidificando-o.

Um fator que se revelou bastante prejudicial ao ecossistema aquático foi a Demanda Bioquímica de Oxigênio, que é muito alta. Isto pode ser explicado pelo alto teor de matéria graxa, glicídeos e protídeos presente na planta de *Euterpe edulis*.

## Esgoto doméstico

O esgoto doméstico teve, no presente trabalho, a função de fornecer condições para o desenvolvimento da microfauna a ser utilizada como comunidade-teste, conforme ressaltado anteriormente.

Na fase inicial, houve alguma dificuldade em obter-se uma amostra adequada, uma vez que em algumas coletas o teor de sólidos em suspensão voláteis mostrava-se muito baixo, e, portanto, a densidade de organismos também apresentava-se bastante reduzida em consequência disto; em outras ocasiões, embora o teor de organismos fosse adequado, um excesso de substâncias tóxicas (detergentes) na amostra se fazia notar algum tempo depois de o material ter sido colocado sob aeração. Isto era perceptível por uma intensa formação de espuma na superfície do líquido contido no reator.

Por outro lado, a conservação das amostras de esgoto, em laboratório, também foi limitada por condições climáticas. Variações bruscas de temperatura, principalmente durante o inverno, levavam à morte os organismos, ou então provocavam o encistamento dos mesmos. Este problema só pôde ser superado quando se encontrou um local onde a variação de temperatura fosse pequena, para colocar o reator.

A manutenção da aeração constante, por meio de bombas para aquário (aproximadamente 300 bolhas por minuto), também revelou-se ao longo do tempo pouco eficiente, sendo necessária a utilização de um compressor, o que garantiu a aeração constante e controlada.

Na fase inicial, a pouca familiarização com as técnicas químicas provocou falhas nas análises físico-químicas, principalmente na determinação de sólidos em suspensão voláteis, o que causou a perda de várias amostras. Superada esta fase, procederam-se as análises das amostras de esgoto, no que se refere a: pH, DBO (Tabela 2) e sólidos suspensos voláteis (Tabelas 5, 6, 7 e 8), mais adiante apresentadas.

**Tabela 2 — Parâmetros relativos ao esgoto doméstico (valores máximos e mínimos durante o experimento).**

pH	6,8 — 7,2
DBO (mg/l)	100 — 50

O pH teve pouca variação durante o experimento, apresentando-se constantemente próximo da neutralidade. Este fato era esperado, e explica-se por ser esta a faixa indicada para a manutenção dos organismos e operação adequada da estação. Valores fora desta faixa inviabilizariam o uso da amostra para o presente trabalho.

A variação obtida para a Demanda Bioquímica de Oxigênio é proporcional ao aporte de matéria orgânica no sistema.

Pelo fato de as amostras terem sido coletadas em dias e horários diferentes é normal haver diferenças nos valores da DBO.

O teor de sólidos em suspensão voláteis obtido aqui mostra que as variações estão de acordo com a variação da DBO.

## Análises hidrobiológicas

As análises microscópicas diárias revelam que as alterações nos organismos da comunidade biológica do esgoto doméstico só se fazem sentir quando a concentração de resíduo atinge 100 ml/7 litros, como se depreende da análise das tabelas 5, 6, 7 e 8, apresentadas mais adiante.

Os primeiros organismos a serem afetados são os Ciliados e Flagelados. Nessa concentração ocorre uma redução da motilidade, ou, no caso dos sesséis, uma redução do movimento ciliar e baixa resposta a estímulos.

Os Sarcodina apresentam resistência ao efluente industrial, em grau semelhante à dos Ciliados e dos Flagelados, afetando-se com uma concentração um pouco maior de resíduo.

Os Rotíferos apresentam maior resistência ao efluente testado, pois só são afetados após um aumento considerável de concentração do mesmo.

Para os Nematóides as evidências indicam que, dentre os grupos taxonômicos presentes no esgoto doméstico, estes são os mais resistentes ao efluente em questão, pois sobrevivem por algum tempo, mesmo quando submetidos a concentrações incompatíveis com a sobrevivência dos demais grupos.

O fato de os Ciliados e Flagelados serem os primeiros afetados se deve provavelmente ao desequilíbrio osmótico, causado pelo alto teor de cloreto de sódio no resíduo. Nestes organismos, o controle osmótico é feito por

vacúolos contráteis, o que não garante uma regulação eficiente, em uma situação de extrema hipertonia.

A mesma constatação parece ser cabível no caso dos Sarcodina, que têm mecanismo de osmorregulação pouco diferente dos Ciliados e Flagelados.

A maior resistência dos Rotíferos em relação aos grupos de protozoários anteriormente citados também se explica em relação à osmorregulação.

Pennack (1963) afirma que estes animais, apesar de serem tão permeáveis à água quanto os demais citados anteriormente, devendo portanto sofrer os efeitos da osmose da mesma maneira, por terem a excreção feita por protonefrídeos, mantêm a pressão osmótica interna relativamente constante.

No que se refere aos Nematóides, a maior resistência destes animais ao impacto causado pelo efluente da industrialização do palmito pode ser explicada pela presença neles de um tegumento mais desenvolvido, o que representa uma barreira osmótica mais eficiente.

Os resultados aqui discutidos repetiram-se durante todo o experimento, de modo que apenas as faixas mais significativas de sólidos suspensos voláteis foram apresentadas, no intuito de comprovar o fato de que, qualquer que seja a densidade de organismos, as constatações acima verificadas se dão da mesma maneira.

Observa-se, ainda, que nenhum organismo, dentre os considerados, resiste a concentrações superiores às que-las correspondentes a um fator de carga superior a 0,20.

Embora o presente trabalho vise apenas à caracterização dos organismos do esgoto doméstico, que participam da depuração do resíduo orgânico estudado, determinando-os ao nível de classe, é apresentada, a seguir, a relação dos gêneros mais frequentes nesta comunidade biológica, tendo em vista a utilidade dessa listagem para trabalhos na área de Engenharia Sanitária.

A identificação foi feita de acordo com chaves específicas para a identificação de animais do esgoto doméstico.

(Martin, 1968), Ministério da Tecnologia da Grã-Bretanha, 1970).

Os dados constantes das tabelas 3 e 4 são apresentados, de acordo com o seguinte código:

- × Gêneros muito raros
- + Gêneros raros
- ++ Gêneros frequentes, porém com poucos indivíduos
- +++ Gêneros abundantes

**Tabela 3 — Ciliados (sésseis ou móveis)**

Spathidium sp	+
Tracheophylum sp	+
Chaena sp	×
Amphileptus sp	×
Litonotus sp	×
Hemiofrys sp	++
Chilodonella sp	+
Colpoda sp	++
Uronema sp	+++
Pseudoglaucoma sp	×
Glaucoma sp	×
Tetrahymena sp	×
Colpidium sp	+
Paramecium sp	+++
Cyclidium sp	×
Vorticella sp	+++
Epystilis sp	+++
Opercularia sp	+++
Stentor sp	×
Aspidisca sp	+++
Stylonichia sp	+++
Euplotes sp	+++
Tokophyra sp	++

**Tabela 4 — Sarcodina, Rotíferos, Nematóides e Flagelados**

Sarcodina	
Arcella sp	++
Difflugia sp	++
Amoeba sp	×
Rotíferos	
Philodina sp	+++
Nematóides	
1 gênero não identificado	+++
Flagelados	
Monas sp	+
Oicomonas sp	+
Rhabdomonas sp	+
Pleuromonas sp	+
Rhynchomonas sp	+
Ulrothricha sp	+
Bodo sp	+++
Astasia sp	

Apresentam-se, a seguir, os resultados relativos aos fatores de carga, vazões, sólidos em suspensão voláteis e também os grupos animais não afetados pelas concentrações de efluente industrial respectivas. Estes resultados estão nas tabelas 5, 6, 7 e 8.

Para as tabelas abaixo, adotou-se o seguinte código:

- 1 — Ciliados (móveis ou sésseis) e Flagelados
- 2 — Sarcodina

- 3 — Rotíferos
- 4 — Neumatóides
- 5 — Mortos ou encistados

**Tabela 5 — Fatores de carga, vazões e grupos animais não afetados**  
Para ssv = 900 mg/l

Fator de Carga	Vazão	Grupos não Afetados
0,01	63 ml	1, 2, 3, 4
0,05	315 ml	3, 4
0,10	630 ml	4
0,20	1.260 ml	5

**Tabela 6 — Fatores de carga, vazões e grupos animais não afetados**  
Para ssv = 625 mg/l

Fator de Carga	Vazão	Grupos não Afetados
0,01	45 ml	1, 2, 3, 4
0,05	223 ml	3, 4
0,10	456 ml	4
0,20	912 ml	5

**Tabela 7 — Fatores de carga, vazões e grupos animais não afetados**  
Para ssv = 509 mg/l

Fator de Carga	Vazão	Grupos não Afetados
0,01	63 ml	1, 2, 3, 4
0,05	178 ml	2, 3, 4
0,10	356 ml	4
0,20	712 ml	4

**Tabela 8 — Fatores de carga, vazões e grupos animais não afetados**  
Para ssv = 150 mg/l

Fator de Carga	Vazão	Grupos não Afetados
0,01	10,5 ml	1, 2, 3, 4
0,05	52 ml	1, 2, 3, 4
0,10	105,0 ml	1, 2, 3, 4
0,20	210,0 ml	3, 4

## Conclusões

Os resultados obtidos no presente trabalho confirmam a nocividade do efluente da industrialização do palmito à comunidade de organismos do esgoto doméstico e dos corpos receptores. Com as observações de campo e laboratório, é possível concluir:

— As características físico-químicas do resíduo, bem como as reações da comunidade biológica, mostram que o impacto sobre a fauna é devido ao pH, à condutividade e à DBO, quando se considera o efluente industrial em seu estado natural;

— Para o resíduo "in natura", a cor e a turbidez não chegam a ser prejudiciais aos ecossistemas aquáticos;

— A Demanda Bioquímica de Oxigênio é alta (em média 8.500 mg/l), podendo comprometer a autodepuração de corpos d'água especialmente em ambientes lênticos, onde não haja suficiente dispersão e diluição do efluente industrial;

— A metodologia adaptada, para análise de efeitos de efluentes industriais, sobre animais presentes no esgoto doméstico, revelou-se eficaz, para o resíduo em questão, sendo necessária a repetição do experimento com outros resíduos;

— O efluente líquido da industrialização do palmito afeta basicamente organismos unicelulares com controle osmótico ineficaz, que podem ser eliminados de uma cadeia alimentar, levando a um desequilíbrio em níveis superiores da cadeia trófica, cuja detecção das causas pode ser dificultada;

— A autodepuração do resíduo estudado, realizada pela comunidade biológica do esgoto doméstico, será lenta, pois a degradação da matéria orgânica dependerá da ação dos Nematóides exclusivamente, o que demandaria um longo período de tempo. Os demais grupos animais estudados desapareceriam antes que pudessem participar diretamente do processo de depuração biológica.

## Recomendações

Em vista da maneira primitiva de como se industrializa o palmito, prática até o momento frequentemente encontrada em São Paulo, na qual não se procede à correção do pH, a redução da salinidade e da DBO e considerando que o líquido não pode ser reaproveitado no processo industrial, é recomendável que:

— No caso da deposição do efluente industrial em rios e lagos, seja feita uma diluição prévia do mesmo;

— Se o destino final do resíduo for um rio, sejam evitados os lançamentos nas áreas lênticas, pois, caso contrário, o tempo de contato da comunidade com o efluente industrial seria muito grande.