

## Emprego de filtro anaeróbio para tratamento de efluentes líquidos de indústrias de conservas de carne

J. R. Campos (1)  
B. A. dos Santos Rodrigues (2)  
E. Foresti (3)

### Resumo

Este artigo relata experiência relacionada com o projeto e a operação de um sistema de tratamento de efluentes líquidos de uma indústria de conservas de carnes através do emprego de filtro anaeróbio. Esse sistema está sendo operado há mais de cinco anos e vem apresentando eficiência global na remoção de DQO igual ou superior a 80%. O reator estudado é constituído de leito de pedra (Brita n.º 4) com espessura de apenas 0,75 m, com tempo de detenção hidráulico médio de 13 h. Descargas de lodo para limpeza do fundo são efetuadas em intervalos de dois a três meses, sendo o material lançado em leito de secagem convencional.

### Introdução

Os processos anaeróbios têm sido objeto de intensa pesquisa, principalmente a partir da verificação do fato de que os mesmos também podem ser aplicados satisfatoriamente no tratamento de despejos líquidos contendo baixa concentração de compostos orgânicos solúveis.

A propagação inicial dessa constatação deve-se fundamentalmente a Young e McCarty (1966), que, no final da década de 60, operando filtros biológicos anaeróbios, em escala de laboratório (diâmetro: 15,2 cm, altura: 1,83 m), verificaram que esse tipo de reator poderia oferecer eficiência na remoção de DBO superior a 80% para tempos de detenção relativamente pequenos e sensivelmente menores que aqueles correspondentes aos reatores anaeróbios convencionais. Os referidos autores também afirmam que o filtro anaeróbio pode ser empregado em situações em que ocorre variação sazonal

da qualidade dos despejos líquidos, pois a adaptação do seu ecossistema é relativamente boa para essas circunstâncias. Nessas conclusões preliminares esses pesquisadores também apresentaram a opinião de que "filtro anaeróbio parece operar melhor para despejos que apresentam DQO superior a 1 mil mg/l".

Paula Júnior e Foresti (1985), em pesquisa recente sobre o desempenho de filtro anaeróbio-piloto no tratamento de águas residuárias de indústria de conservas alimentícias, apresentam levantamento de resultados obtidos por outros pesquisadores, através do estudo desse tipo de reator no tratamento de resíduos líquidos, entre os quais são mencionados: despejos farmacêuticos, ácidos voláteis, soro de leite, carboidratos, despejos líquidos sulfatados, despejos líquidos de processamento de peixes, despejos líquidos de processamento de batata etc. De maneira geral, o valor do tempo de detenção hidráulico utilizado variou preponderantemente entre 3 h e 96 h e a carga aplicada entre 0,42 kg de DQO/m<sup>3</sup> dia e 6,7 kg de DQO/m<sup>3</sup> dia. Na maior parte dessas pesquisas, realizadas com base na operação de reatores em escala de laboratório e piloto, a remoção de DBO resultou superior a 80%. Apesar da existência de elevado número de trabalhos acerca desse tipo de reator, ainda não são conhecidos, em nível desejável, resultados decorrentes da operação de sistemas de tratamento em escala de protótipo que possuem o filtro anaeróbio como reator para tratamento biológico.

Como se sabe, esse tipo de reator envolve em seu projeto, além dos aspectos essencialmente biológicos, aspectos hidráulicos relacionados com a distribuição dos despejos líquidos no leito e com a coleta uniforme dos efluentes da unidade.

Com relação à operação da unidade também deve ser considerado o fato de que as circunstâncias que predominam durante o funcionamento de um reator em escala de protótipo quando recebe efluentes líquidos industriais são sensivelmente diferentes daquelas que se verificam quando da operação

de uma unidade de laboratório ou piloto, sob condições controladas.

Assim sendo, torna-se interessante que sejam divulgados dados sobre esse tipo de reator em escala de protótipo, mostrando os erros e os acertos constatados em cada caso que se tem conhecimento, para que, em prazo mais curto possível, esse reator possa ser projetado com relativa segurança e sua construção e operação sejam facilitadas ainda mais para aqueles que optarem por essa alternativa de tratamento de efluentes líquidos.

Com vistas a esse objetivo, o presente artigo apresenta um relato acerca do projeto e da operação de um filtro anaeróbio (um dos primeiros que foram construídos no Brasil, em escala de protótipo), visando ao tratamento de efluentes líquidos de uma indústria de conservas alimentícias animais, projetado pela ECTA-Engenharia, Consultoria e Tecnologia das Águas S/C Ltda., São Carlos, SP, e executado na cidade de São José do Rio Preto, SP (1978).

Essa unidade já se encontra em operação há mais de cinco anos, funcionando o período inicial com vazão e concentrações previstas em projeto e, mais recentemente, sob condições mais adversas tendo em vista o aumento de vazão e mudanças nas características dos efluentes líquidos. Esse fato permitiu que o acompanhamento do desempenho desse reator durante esses anos trouxesse informações interessantes acerca da eficiência do mesmo tendo em vista as variações ocorridas nos efluentes industriais.

### Descrição do sistema de tratamento

Em 1977 pesquisadores do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, USP, operaram um filtro anaeróbio-piloto com o objetivo de verificar a aplicabilidade desse tipo de reator para tratamento de efluentes de indústrias de conservas de carne, assim como para obter valores adequados de parâmetros envolvidos no dimensionamento de um reator em escala de protótipo.

(1) (3) Prof. Assistente Doutor. Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de S. Carlos-USP e membro do GTDA-Grupo de Trabalho em Digestão Anaeróbia do Depto. de Ciência e Tecnologia da Secretaria de Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, São Paulo, SP.

(2) Auxiliar de Ensino, Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de S. Carlos-USP e Diretor Técnico da ECTA-Engenharia, Consultoria e Tecnologia das Águas S/C Ltda., São Carlos-SP.

Esses estudos foram desenvolvidos empregando os efluentes líquidos do Frigorífico Bordon S/A - São Paulo, SP e demonstraram que esse tipo de reator, além de ser adequado ao tratamento dos efluentes industriais em questão, também poderia oferecer grandes vantagens no que se refere a custos, principalmente àqueles relacionados com a operação e manutenção do sistema.

Esse reator foi operado durante cinco meses, verificando-se que no final desse período a remoção média de DBO resultou da ordem de 70%, com tempo de detenção hidráulico igual a 18 h. No início da pesquisa foram testadas diversas espessuras de leito, chegando-se posteriormente à conclusão de que nas circunstâncias em que foram realizados os estudos, para esse tipo de despejo e para leito de pedra (brita n.º 4), a remoção de DBO era mais efetiva nas camadas mais próximas ao fundo, ressaltando o fato de que deveria ser projetado reator em escala de protótipo com espessura de leito não superior a pouco mais de 1,00 m. O efluente do filtro anaeróbico apresentava-se clarificado, com baixos teores de sólidos sedimentáveis (dispensando decantação secundária) e não exalava maus odores.

Deve ser ressaltado que foi notada sensível tendência de aumento da eficiência do reator em função do tempo de operação, o que permitiu que se concluísse que o mesmo ainda não atingira seu estado de equilíbrio dinâmico mesmo após os cinco meses de operação. Esse fato permitiu inferir que certamente, após alcançado esse estágio, a eficiência na remoção de DBO iria resultar superior ao valor atingido até então.

Com base nessas conclusões foi elaborado o projeto do sistema de tratamento dos efluentes do referido frigorífico, porém, não foi executado tendo em vista que essa indústria foi desincumbida de promover tratamento secundário em função das novas diretrizes de saneamento da cidade de São Paulo, SP (o lançamento seria feito na rede pública, e não mais diretamente em corpo receptor natural).

Aproveitando as mesmas conclusões, também foi elaborado o projeto que ora é descrito no presente trabalho. O sistema que será abordado no presente artigo pertence à Fábrica de Salames Rio Preto S/A, situada na cidade de São José do Rio Preto - SP. Essa fábrica dedica-se à industrialização de carne bovina, suína e de seus derivados, produzindo mortadela, linguiça, salame, salsicha, presunto e charque.

Na ocasião em que foi elaborado o projeto, essa empresa possuía cerca de 140 empregados. Nesse tipo de indústria, a grande parte dos despejos

líquidos provém de lavagem de mesas de trabalho, limpeza de máquinas e vasilhames e lavagem de pisos. O consumo, nesses itens, ocorre desde o início do período de funcionamento diário, por causa da necessidade constante de limpeza nos compartimentos de produção, que é feita com mangueiras de água quente. No período final da tarde, essa limpeza aumenta de intensidade, tornando-se geral na indústria e terminando no início da noite. Além desses existem outros despejos líquidos tais como aqueles decorrentes de: descarga de tanque de lavagem de carne, descarga de tanque de salga, lavagem de pátios de varais de charque, descarga de tanque de choque térmico, descargas de caldeiras e da graxaria e descargas do sistema de refrigeração.

A DBOs média desses efluentes era da ordem de 2.600 mg/l. O valor de pH variava entre 5,8 e 7,7.

O projeto inicial foi elaborado com base na vazão média de 4,00 l/s, sendo que cerca de 63% da mesma é origi-

nada nas atividades de limpeza de mesas, pisos etc. Esse valor de vazão não inclui os esgotos sanitários.

Como a produção da indústria na ocasião em que foi construído o sistema era da ordem de 50% da prevista como meta, o tratamento primário foi executado visando a receber 4,00 l/s, porém foram construídas apenas duas unidades do filtro anaeróbico, das quatro que foram projetadas.

Como tratamento preliminar para os despejos oriundos dos tanques para salga foi prevista uma pequena unidade para regularização de vazão, e para os esgotos sanitários foi prevista a construção de tanque séptico. Essa segunda unidade, porém, não foi colocada em operação, e, dessa maneira, os esgotos sanitários brutos atualmente são lançados diretamente na unidade de tratamento biológico.

Os efluentes industriais após caixa de gordura (tempo de detenção de projeto: 1,00 h) são misturados com os esgotos sanitários e têm acesso ao

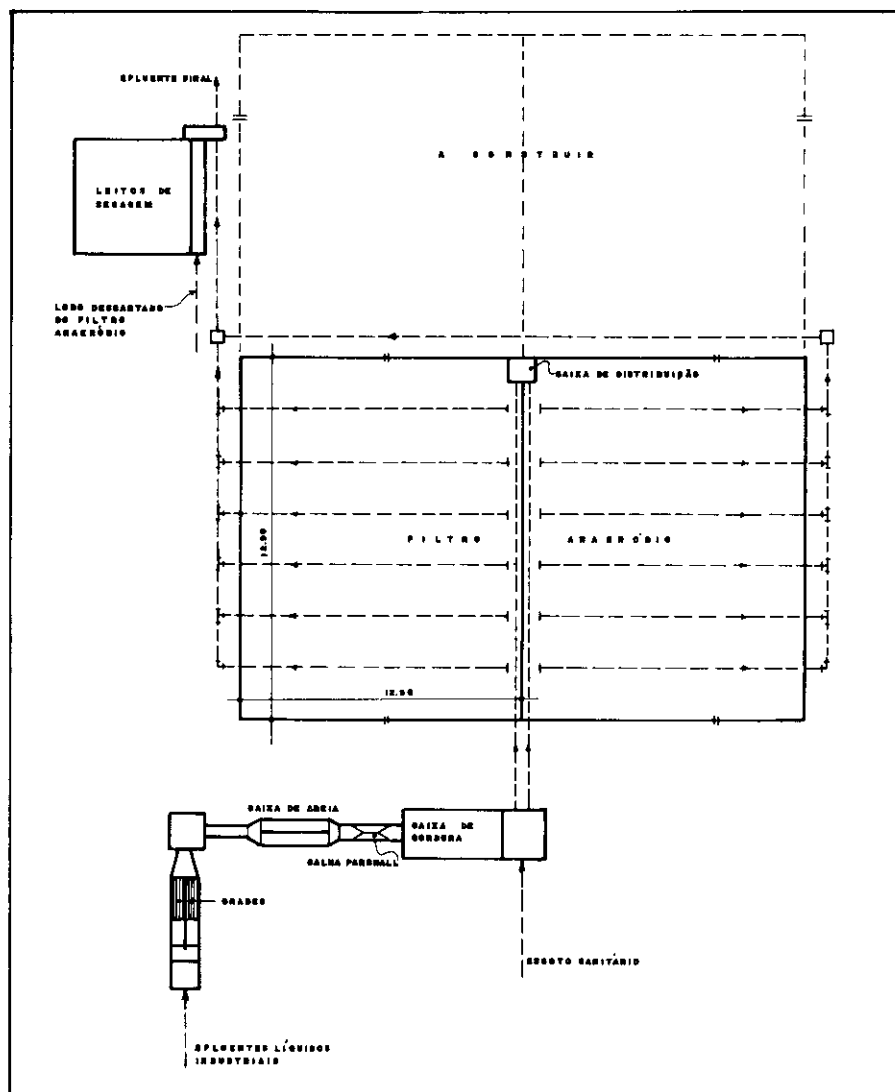


Figura 1 — Esquema do Sistema de Tratamento dos Efluentes Líquidos da Fábrica de Salames Rio Preto S/A (1978)

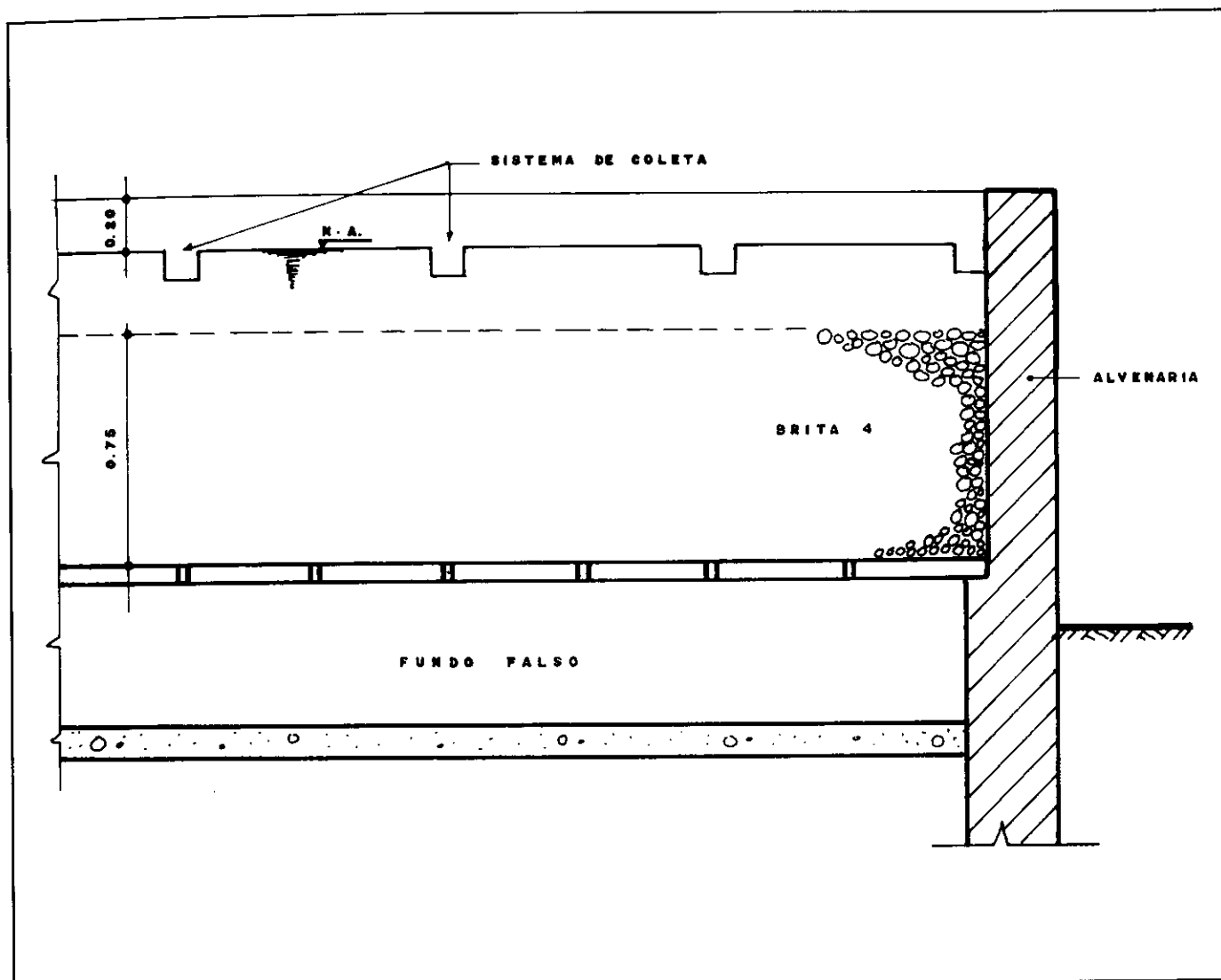


Figura 2 — Filtro Anaeróbio Empregado para Tratamento dos Efluentes da Fábrica de Salames Rio Preto S/A. (1978)

filtro anaeróbio, sendo em seguida lançados no Córrego Piedade. O lodo retirado do filtro anaeróbio é "secado" em leito de secagem convencional (61,0 m<sup>2</sup>).

A Figura 1 apresenta um esquema das instalações de tratamento dos efluentes líquidos da indústria em questão.

As duas unidades de filtro anaeróbio que foram construídas foram projetadas para receber vazão média de 2,0 l/s, correspondendo a tempo de detenção hidráulico da ordem de 24 h, supondo-se funcionamento da indústria durante 14 h por dia.

Em síntese as unidades do filtro anaeróbio obedeceram às seguintes condições:

- Volume diário de efluentes líquidos:
 
$$2,0 \text{ (l/s)} \times 3.600 \text{ (s/h)} \times 14 \text{ (h)} = 100.000 \text{ l} = 100,0 \text{ m}^3$$
- Índice de vazões do leito: 40%
- Tempo de detenção hidráulico: 24 h

- Volume total do filtro anaeróbio: 250,0 m<sup>3</sup>
- Altura do leito: 0,75 m
- Área superficial total do filtro: 333,3 m<sup>2</sup>
- Número de unidades: 2
- Dimensões em planta de cada unidade
  - Seção: quadrada
  - Lado: 12,9 m

O filtro anaeróbio é constituído de duas unidades de seção quadrada, conforme esquematizado na Figura 1, com uma caixa de distribuição dos efluentes industriais, de onde partem duas canalizações, uma para cada unidade, recebendo cada qual metade da vazão total. Essas canalizações, por sua vez, possuem diversas derivações que distribuem os efluentes de maneira adequada no interior do fundo falso existente sob o leito de cada unidade.

Sobre o fundo falso é disposta uma camada de brita n.º 4, com espessura média da ordem de 0,75 m, que constitui o leito do reator (Figura 2).

O sistema de coleta de efluentes é constituído por uma série de canalizações perfuradas, dispostas de maneira adequada, com o objetivo de reduzir a ocorrência de volumes "mortos" no reator.

Como nessas unidades não ocorrem grandes oscilações de nível, as mesmas apresentam apenas 0,20 m de borda livre.

Essas unidades foram executadas com relativa facilidade, totalmente em alvenaria de tijolos (parede de um tijolo), com armadura bastante reduzida, empregando argamassa de cimento e areia. Foi realizada impermeabilização interna e externa, de acordo com os critérios usuais.

A limpeza das unidades pode ser efetuada facilmente através de descargas de fundo e da eventual remoção manual de algas da superfície do leito e dos dispositivos de coleta de efluentes. Essa atividade torna-se relativamente simples tendo em vista que a lâmina líquida sobre as pedras é da ordem de 0,30 m, o que permite ao operador ca-

minhar sobre as mesmas, utilizando botas de cano longo.

## Desempenho do sistema de tratamento

Como já foi afirmado anteriormente, o projeto original foi elaborado prevendo a construção de quatro unidades de filtro anaeróbio (vazão média 4,0 l/s), porém, foram construídas apenas duas, visando atender às necessidades da indústria naquela ocasião, ou seja, essas unidades foram projetadas com um dia de detenção hidráulica e vazão de 2,0 l/s.

Desde sua construção até o presente, esse sistema vem atendendo aos requisitos desejáveis, em termos de eficiência de remoção de DBO, para o lançamento dos efluentes no corpo receptor, porém, não foi feito com um acompanhamento rigoroso de seu desempenho, de maneira a se dispor de uma série ampla de dados relacionados com o seu funcionamento.

Os resultados ora apresentados no presente artigo foram obtidos através de campanha realizada durante um dia normal de trabalho (29/10/85), sendo coletadas amostras em intervalos de 15 minutos.

Essas amostras foram homogeneizadas posteriormente e os resultados das análises são apresentados na Tabela 1. Todas as determinações foram efetuadas com amostras não filtradas.

É importante destacar que a vazão dos efluentes brutos (excluindo-se esgotos sanitários) também foi determinada em intervalos de 15 minutos, obtendo-se os seguintes valores: 1,2 l/s, 3,7 l/s e 11,0 l/s, para as vazões mínima, média e máxima, respectivamente.

É importante destacar que essa indústria não funciona durante 24 h por dia e que as vazões de pico apresentam duração inferior a 1 h.

Tomando-se como base a vazão média, constata-se que o tempo de detenção hidráulico real no presente é da ordem de apenas 13 h e não mais de 24 h como ocorria no início de funcionamento do sistema. Além disso, na análise do desempenho do reator, deve ser levado em consideração o fato de que os esgotos sanitários estão sendo lançados no mesmo sem qualquer tratamento primário (só gradeamento) e sua vazão não foi computada naquelas vazões medidas.

Além das análises físico-químicas que foram efetuadas com as amostras de efluentes também procurou-se obter algumas informações (através de microscopia) acerca da composição do material que se acumula na superfície das pedras que ficam na camada superior do leito e que recebem diretamente a luz solar. Esse material não chega a provocar problemas de ope-

ração, porém, sua presença é facilmente sentida tendo em vista a grande quantidade presente.

Através desse estudo, efetuado em filtro também em operação na cidade de São José do Rio Preto, foi constatado que essa região do reator apresenta comunidade típica de ambientes aeróbios em decorrência da dissolução de oxigênio da atmosfera através da superfície livre do líquido e como consequência da presença de significativa quantidade de algas, destacando-se a predominância de algas cianofíceas, gênero *oscillatoria*. Além disso foram detectados protozoários flagelados e ciliados (fixos e livre-natantes) de várias espécies, entre as quais *Paramecium*, e também rotíferos e nematóides.

A existência dessa zona aeróbia, acima do leito, certamente deve ter alguma ação positiva relacionada com a qualidade final do efluente, e, por esse motivo, em trabalhos futuros será dada maior ênfase ao estudo da participação dessa região no desempenho global do reator.

Através da análise dos dados da Tabela 1, podem ser extraídas algumas considerações que serão apresentadas a seguir.

O pH, tanto dos efluentes brutos como dos efluentes tratados, manteve-se próximo ao valor neutro, porém, a alcalinidade teve aumento sensível no rea-

Tabela 1 — Resultados Atuais Relativos ao Sist. de Trat. dos Efluentes Líquidos da Fábrica de Salames Rio Preto S/A (29-10-85)

PARÂMETRO	Efluentes Ind. Brutos	Efluentes Industriais Após Tratamento Primário	EFLUENTES DOS FILTROS ANAERÓBIOS	
			Filtro 1	Filtro 2
- Temperatura (°C)	24 a 25	24 a 25	24 a 26	24 a 26
- pH	7,0	7,0	6,9	6,8
- Alcalinidade Total (mg/l em $C_2CO_3$ )	-	120,0	209,0	200,0
- de Hidróxidos	-	-	-	-
- de Carbonatos	-	-	-	-
- de Bicarbonatos	-	120,0	209,0	200,0
- DQO (mg/l)	2250	1878	427	460
- Sulfatos (mg/l)	140	*	125	60
- Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)	34,70	*	44,0	45,60
- Amoniacal	5,67	*	12,76	13,12
- Orgânico	29,03	*	31,24	31,88
- Nitritos	0,08	*	0,02	0,03
- Nitratos	-	*	0,03	0,03
- Fósforo - $PO_4$ (mg/l)	155,0	*	138,0	153,0
- Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	7,0	6,0	0,1	0,2
- Resíduo Total	4020	3443	2300	2439
- Fixo	2319	2071	1716	1815
- Volátil	1701	1372	584	624
- Resíduos Suspensos Total	1103	889	92	123
- Fixo	35	24	11	10
- Volátil	1068	865	81	113
- Resíduos Dissolv. Total (mg/l)	2917	2554	2208	2316
- Fixo	2284	2047	1705	1805
- Volátil	633	507	503	511

(-) valor nulo ou muito próximo a zero

(\*) determinação não realizada

Obs.: amostras não filtradas

tor anaeróbio, ou seja, de 120 mg/l em  $\text{CaCO}_3$  para valor da ordem de 200 mg/l em  $\text{CaCO}_3$ . Essa elevação natural na alcalinidade deve-se certamente às características dessas águas residuárias, que apresentam quantidade razoável de proteínas, o que fica de certa forma atestado pela concentração detectada de nitrogênio orgânico (29,03 mg/l) presente nas mesmas.

Em termos de remoção de DQO, o sistema como um todo promoveu remoção da ordem de 80%, sendo que o tratamento primário removeu 16% e o filtro anaeróbio 76%. Esse desempenho pode ser considerado satisfatório tendo em vista que o tempo de detenção hidráulico real é de apenas 13 h, em contraste com aquele previsto em projeto, igual a 24 h.

Apesar da presença de sulfatos (140 mg/l) nos efluentes brutos, nunca foi constatado qualquer problema de exalação de maus valores durante o período de funcionamento, após a maturação inicial do reator.

Os valores detectados de nitrogênio, em suas várias formas, merecem considerações especiais, tendo em vista que houve aumento nas concentrações desse elemento. Esse fato possivelmente está associado à presença de algas cianofíceas que podem ter a particularidade de assimilar o nitrogênio presente na atmosfera e, como as amostras dos efluentes tratados foram analisadas sem pré-filtração, os resultados englobam as consequências da presença de algas nos efluentes.

Note-se que a aerobiose vigente na camada superficial do reator provoca o aparecimento de pequena concentração de nitratos no efluente tratado (0,03 mg/l).

O teor de fósforo sofreu apenas pequena redução, fato já esperado, tendo em vista o baixo consumo relativo desse elemento em reatores anaeróbios.

A remoção de sólidos sedimentáveis é expressiva, de maneira que os valores encontrados nos efluentes variaram entre 0,1 e 0,2 ml/l, situação que se enquadra perfeitamente na legislação vigente.

A remoção global de sólidos suspensos no sistema de tratamento foi de 93%, sendo que 19% foram removidos no tratamento primário e 88% no filtro anaeróbio.

Parece ser muito importante destacar que esse reator, nas condições atuais de funcionamento, está efetuando sensível redução no teor de sólidos suspensos, porém, está exercendo influência muito pequena no teor de sólidos dissolvidos. Esse fato, porém, não permite inferir, com base apenas nos dados levantados, qual a natureza desses resíduos, se inicialmente pre-

sentes nos despejos brutos ou se originados da atividade de microorganismos presentes.

Finalizando essas considerações sobre o sistema estudado, merecem ser destacadas algumas observações relacionadas com a operação do sistema. Esse reator teve sua partida sem a utilização de qualquer inóculo, e, mesmo assim, após três meses já estavam funcionando em condições apropriadas. Outros filtros anaeróbios projetados de acordo com os mesmos critérios aqui discutidos vêm sendo inoculados, em sua partida, com estrume de bovinos, o que vem oferecendo bons resultados.

As únicas atividades exigidas para a operação do filtro anaeróbio são as operações de retirada de material flutuante que se acumula em quantidade relativamente pequena na superfície do líquido, remoção eventual das algas que se acumulam na superfície do leito e descargas de lodo retido no fundo falso. Essa última operação é efetuada em intervalos de tempo variáveis de dois a três meses, sendo que a capacidade do leito de secagem projetado atende perfeitamente ao volume descartado nessas operações.

Segundo a direção da indústria, esse reator nunca chegou a apresentar problemas de exalação de maus odores.

As atividades relacionadas com o controle e a operação do sistema de tratamento são efetuadas por apenas um funcionário.

## Conclusões

Os resultados levantados por esse trabalho permitem concluir que filtros anaeróbios, precedidos de unidades para tratamento primário, podem efetuar adequadamente o tratamento secundário de efluentes líquidos de indústrias de conservas de carnes (preparação de mortadela, linguiça, salame, salsicha, presunto e charque). Naturalmente, sempre que se desejar utilizar um reator biológico com segurança, deve-se constituir e operar unidade-piloto precedendo a elaboração de projeto; porém, em linhas gerais, os resultados obtidos demonstram que um filtro anaeróbio, com tempo de detenção hidráulico de 13 h, pode efetuar remoção de DQO da ordem de 76% (amostras não filtradas), e o sistema constituído de tratamento primário mais o filtro anaeróbio poderá atender à remoção global desejável de 80%. O reator biológico considerado apresenta leito de pedras (brita n.º 4) com espessura de 0,75 m e foi construído na sua quase totalidade em alvenaria de tijolos.

Para efeito de projetos futuros recomenda-se que o tempo de detenção hidráulico seja superior ao tempo men-

cionado e que se procure projetar unidades de tratamento primário com elevada eficiência na remoção de sólidos suspensos e de óleos e graxas.

Esse tipo de reator produz quantidade pequena de lodo, o que permite a efetivação de descargas em intervalos iguais ou superiores a dois meses. Leitões de secagem convencionais podem ser utilizados para receber esse material.

A operação e a manutenção desses reatores são muito simples e exigem apenas cuidados regulares com a remoção de materiais flutuantes, limpeza das bordas da unidade, remoção eventual de algas (se o reator for descoberto) e descargas regulares de lodo acumulado no fundo falso. Com relação a esse último item vale destacar que outro filtro anaeróbio que vem sendo estudado pelos autores do presente artigo já está sendo operado há mais de cinco anos e nunca houve necessidade de ser efetuada descarga para limpeza do fundo falso.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à direção da Fábrica de Salames Rio Preto S/A pelo apoio ao presente trabalho e também pela colaboração em pesquisa que será desenvolvida durante o ano de 1986, abordando aspectos tecnológicos e científicos referentes ao seu sistema de tratamento de efluentes líquidos.

## Referências

- ECTA — Engenharia, Consultoria e Tecnologia das Águas S/C Ltda., (1978). — "Projeto do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos da Fábrica de Salames Rio Preto S. A.", São Carlos, SP.
- FORESTI, E.; DI BERNARDO, L. e CAMPOS, J. R. (1978). "Filtro Anaeróbio-Piloto para Tratamento das Águas Residuárias de uma Indústria de Conservas de Carne". XVI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária. Santo Domingo, República Dominicana, 18 págs., fevereiro.
- McCARTY, P. L. (1966). "Anaerobic Treatment of Soluble Wastes-Special Lecture Series on Advances in Water Quality Improvement". University of Texas, april 4-7.
- PAULA JÚNIOR, D. R. (1985). "Desempenho de um Filtro Anaeróbio-Piloto no Tratamento de Águas Residuárias de uma Indústria de Conservas Alimentícias". Dissertação de Mestrado (Orientador: Prof. Dr. Eugenio Foresti), Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos — Universidade de São Paulo, 123 págs., janeiro.
- YOUNG, J. C. e McCARTY, P. L. (1969). "The Anaerobic Filter for Waste Treatment" Journal Water Pollution Control Federation, vol. 41, n.º 5, 160-173, may.