

## GERENCIAMENTO DE SOLUÇÃO DE FORMOL EM LABORATÓRIOS DE ANATOMIA

**Sonia Valle W. Borges de Oliveira**

Doutoranda na FEA-RP-USP.  
soniaww@terra.com.br

**Marcelo Zaiat**

Professor Doutor do Departamento de Hidráulica e  
Saneamento – EESC-USP.

### RESUMO

O formaldeído é de grande importância na fixação de tecidos para aulas de anatomia, patologia e estudos tanatológicos. A solução mais utilizada para a conservação de cadáveres e peças constitui-se de formol em água de torneira, diluído de 8 a 10%. Devido às suas características tóxicas aos seres vivos e ao meio ambiente em geral, é necessário que seja realizado seu gerenciamento. Aplicando-se as três metas básicas da gestão de resíduos, “redução, reutilização e reciclagem”, pode-se alcançar uma otimização do emprego de formaldeído. A redução pode ser conseguida pelo controle de qualidade da solução ou de possível redistribuição de peças nos tanques. A reutilização e a reciclagem, práticas pouco difundidas, seriam possíveis com a recuperação de solução de escoamento, com posterior filtração, clarificação, análise para determinação de formaldeído e ajuste da concentração. As soluções consideradas inservíveis podem ser tratadas em sistema local, por meio de reator anaeróbico horizontal de leito fixo (RAHLF), que demonstrou eficiência de até 99% na degradação de formaldeído. Portanto, algumas atitudes simples e de custo relativamente baixo podem trazer economia de recursos financeiros, além de grandes contribuições para o meio ambiente.

### ABSTRACT

Formaldehyde is of great importance for the fixation of cadavers for anatomy classes, pathology and tanatology studies. The most common solution used for the conservation of corpses and pieces is constituted of formol in tap water, diluted by 8 to 10%. Due to their poisonous characteristics to the alive beings and the environment in general, it is necessary that its management is accomplished. Applying the three basic goals of the management of residues, “reduction, reuse and recycling”, it can be reached an optimization of the formaldehyde utilization. The reduction can be gotten through the quality control of the solution or with a redistribution of pieces in the tanks, when possible. The reuse and the recycling, little spread practices, would be possible with the recovery of drainage solution, with subsequent filtration, clarification, analysis for formaldehyde determination and adjustment of the concentration. The solutions considered useless can be treated in local system, through horizontal anaerobic reactor of fixed bed, which demonstrated efficiency of up to 99% in the formaldehyde degradation. Therefore, some simple attitudes, with relatively low cost, can bring economy of financial resources, besides great contributions for the environment.

## INTRODUÇÃO

Muitos problemas ambientais são encontrados em atividades não necessariamente industriais, como é o caso de universidades e faculdades. O campus da USP de Ribeirão Preto, com sua grande produção científica e atividades relacionadas à saúde, acaba sendo também um grande gerador de resíduos.

Campos e Daniel (1993) elaboraram um projeto de estação de tratamento de águas residuárias para o campus de Ribeirão Preto, que ainda não pôde ser construída. Por outro lado, o município já conta com duas estações de tratamento, as quais poderão receber os efluentes do campus da USP, mediante cobrança de taxa.

Como subsídio aos levantamentos de dados para uma futura estação no campus de Ribeirão Preto, o presente trabalho procurou determinar a influência que os efluentes de laboratórios de anatomia, contendo formaldeído (HCHO), poderão ter em um processo anaeróbio de tratamento, e outras providências para que seja feito um melhor gerenciamento dessa solução. Optou-se por esse efluente, tendo em vista o escasso desenvolvimento de pesquisas sobre o assunto, ao contrário da maior parte dos demais efluentes do campus, como o próprio esgoto sanitário ou outros contaminados por produtos tóxicos e patológicos.

O campus da USP de Ribeirão Preto possui uma área total de 240 alqueires, com 122.000 m<sup>2</sup> de área construída (PCARP, 1992). Sua população consiste em um somatório de usuários dos

serviços prestados à comunidade, dos residentes das 124 casas para funcionários e docentes (cerca de 528 pessoas) e dos alojamentos para estudantes (247 alunos), e dos funcionários, docentes e alunos diretamente ligados à USP (próximo de 6.168). Tanto o campus como o Hospital das Clínicas (HC) são abastecidos por poços artesianos.

A rede de esgotos é razoavelmente simples, descendo por gravidade até o interceptor, unindo-se à rede independente do HC e, posteriormente, ao emissário do sistema municipal. Todos os prédios estão ligados a essa rede por ramais secundários. As águas pluviais têm rede própria ou correm pela superfície.

No campus estão instaladas seis faculdades, um centro de informática, a prefeitura e suas repartições, abriga ainda o Centro de Medicina Legal – CEMEL, o Hospital das Clínicas, o Hemocentro, a Biblioteca Central, agências bancárias, correio, casas de apoio a pacientes em recuperação, Creche da Carochinha, Escolinha de Artes, além do Restaurante Central e oito cantinas.

Devido à predominância da área biológica, o campus possui muitos laboratórios nos quais há o manuseio diário de peças fixadas em formol. Também são utilizados inúmeros produtos químicos, patológicos, tóxicos ou até radioativos, gerados em laboratórios de pesquisa, biotérios, áreas de saúde, áreas técnicas e operacionais.

O formaldeído é de grande importância para a fixação de tecidos, tanto para trabalhos e aulas de anatomia e patologia quanto para estudos

tanatológicos. Ele impede a proliferação de microrganismos e, portanto, a putrefação, além de impedir o rompimento das paredes dos lisossomos, o que provocaria a autólise da célula pelas enzimas ali contidas (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 1995). A solução mais utilizada para a conservação de cadáveres e peças de anatomia constitui-se de formaldeído em água de torneira, diluído de 8 a 10%. A solução a 10% resulta em uma concentração de aproximadamente, 41 g/L de formaldeído e uma Demanda Química de Oxigênio (DQO), de 62 g/L.

O procedimento para preservação de um corpo, de preferência sem lesões e de morte recente, inicia-se com a injeção de solução de formol em água, de 15% a 25%, nas artérias femurais e nas carótidas, por meio de uma cânula em T e, posteriormente, nas grandes cavidades, na cavidade craniana e nas massas musculares (CARVALHO, 1950). Dessa forma, todo o sistema de irrigação sanguínea do corpo receberá a solução, não sendo necessária a retirada de sangue nem de material interior do aparelho digestivo. Com uma sutura no corte da injeção, o corpo será armazenado em tanques com a solução de 8% a 10%, nos quais deverá permanecer por cerca de um ano antes de ser utilizado nas aulas.

Embora muitos estudos demonstrem a toxicidade do formaldeído para os seres humanos, bem como sua agressividade ao meio ambiente e custo relativamente alto, grande parte dos laboratórios de anatomia utilizam-no, por ser uma técnica tradicional com resultados satisfatórios. Assim, sua substituição tende a ser difícil, sendo

Figura 1 – Sala de Cubas do Laboratório Multidisciplinar da FMRP  
Crédito: Sonia V. W. Borges de Oliveira



Figura 2 – Prateleiras com peças anatômicas na Sala de Cubas da FMRP  
Crédito: Sonia V. W. Borges de Oliveira



Figura 3 – Caixas com peças anatômicas no Departamento de Patologia da FMRP  
Crédito: Sonia V. W. Borges de Oliveira



importante o gerenciamento de sua utilização e descarte.

A Sala de Cubas (Figura 1) do Laboratório Multidisciplinar da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – FMRP, projetada em 1990, possui 14 cubas medindo 2,00 m x 1,10 m, com 0,65 m de profundidade, sendo 12 para depósito e duas para lavagem das peças. Nas regiões centrais da sala estão as prateleiras de alvenaria para guardar peças menores em caixas de vidro (Figura 2). O Departamento de Patologia guarda suas peças em caixas de fibrocimento pintadas com tinta epóxi, além de caixas e frascos de vidro (Figura 3). Na Faculdade de Odontologia (FORP), as peças são menores, geralmente referentes à face, estão armazenadas em caixas e frascos de vidro. No CEMEL, algumas peças de ensino da medicina legal também se encontram fixadas em formol, em tanques plásticos.

No preparo das peças para as aulas há o constante descarte de formaldeído no esgoto. É preciso que as peças sejam lavadas durante horas para que o excesso de formaldeído seja retirado, minimizando o odor para seu manuseio. A fim de restaurar-se a cor das peças, para fotografias ou demonstração, deve-se banhá-las em álcool (BAKER, 1969).

O escoamento total das cubas da FMRP é feito somente a cada dois anos, e dificilmente é escoada mais de uma cuba na mesma época. Para escoá-las, foram instalados registros de fecho rápido, de PVC, de modo a não haver corrosão. Durante o escoamento, deve-se abrir os registros de água limpa instalados para provocar a diluição do efluente das cubas, único dispositivo para minimizar sua toxicidade no meio ambiente. Nos demais departamentos não há diluição programada durante o descarte de recipientes ou tanques.

Embora haja muito rigor no preparo e manuseio das peças, não há monitoramento da qualidade da solução de formaldeído através do tempo. Com a abertura das tampas e retirada dos corpos, o formaldeído se volatiliza. Também há diluição do líquido quando são devolvidas as peças lavadas com água. Até que a cuba seja totalmente escoada, ela vai apenas sendo completada com a quantidade necessária de solução. Segundo os técnicos dos laboratórios, a indicação de que a solução não está mais com a concentração ideal de formaldeído é o aparecimento de fungos na superfície do líquido. Embora seja uma maneira indireta de indicação, é o único meio usado nos laboratórios para se concluir que a solução não está adequada. As peças atacadas por fungos devem ser descartadas por perderem a qualidade.

Como se pode ver, o efluente desses laboratórios não têm uma vazão constante e tampouco é possível se saber, com precisão, a quantidade de formaldeído presente nas águas residuárias ao longo de um dado período de tempo.

O presente estudo pretende trazer subsídios para o gerenciamento do uso de solução de formaldeído para fixação de peças de anatomia, com vista a minimizar os impactos ambientais causados por essa substância tóxica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da solução de formol

Para a caracterização da solução de fixação de cadáveres foi utilizada amostra de tanque contendo corações humanos em solução de formol e água, preparado por volta de oito meses, do Departamento de Patologia da FMRP. A amostra foi coletada do líquido em

repouso, cerca de 20 cm abaixo da superfície, a fim de não se alcançar resíduo do fundo. Segundo o técnico do laboratório, a concentração inicial foi de 10% em volume de formol, em água de torneira.

Visando à determinação de formaldeído foi utilizado o método colorimétrico de Bailey e Rankin (1971). No procedimento analítico sugerido pelo método, adicionam-se, em frascos volumétricos de 100 ml, os reagentes na ordem a seguir: 10,0 ml da solução tampão de fosfato dissódico-ácido cítrico (Solução de Mcllvaine) para pH de 5,6 (ASSUMPÇÃO; MORITA, 1968); 1,0 ml da solução a 1% de dicloreto de p-fenileno-diamina ( $C_6H_8N_2 \cdot 2HCl$ ); e 5,0 ml de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$  a 30%), completando-se com a amostra até o volume de 100 ml. Após a dosagem dos reagentes, a solução foi transferida para frascos de vidro incolor, sendo tampados com rolha de borracha, permanecendo em repouso por 20 minutos após a adição de  $H_2O_2$ , para se fazer a leitura. Todos os tempos foram cronometrados, pois a reação continua após os 20 min, produzindo resultados irreais. Conforme indicação do método, a curva de calibração foi feita para as concentrações entre 0,50 e 2,50 mg/L de formaldeído, em duplicata. Com finalidade da leitura das amostras foi utilizado espectrofotômetro DR 4000 - HACH, com cubeta de quartzo de 1,0 cm. O comprimento de onda utilizado foi de 420 nm, encontrado durante a varredura, enquanto o sugerido pelo método é de 485 nm. Os brancos foram preparados com água destilada, e os três reagentes, com o mesmo tempo de 20 min para a leitura.

As análises de DQO, sólidos totais (ST), sólidos voláteis totais (SVT), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) foram

realizadas segundo métodos descritos pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

### Ensaio de degradação em reator anaeróbio

Os ensaios de degradação de solução de formol (OLIVEIRA, 2001) foram feitos em Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo – RAHLF, confeccionado em vidro boro silicato, em escala de bancada, mantido a 35 °C. O comprimento (L) do reator é 100 cm, com diâmetro interno (D) de 5,0 cm, perfazendo uma relação comprimento por diâmetro (L/D) de aproximadamente 20. O volume total aproximado é de 2 litros. Espuma de poliuretano, em cubos de 5 mm de aresta e com densidade aparente de 23 kg/m<sup>3</sup>, foi utilizada como material suporte para crescimento dos microrganismos anaeróbios.

Foi utilizado um substrato sintético com concentrações crescentes de formaldeído, água de torneira e meio Angelidaki (ANGELIDAKI et al, 1990), para o suprimento de sais, metais e vitaminas. As concentrações médias de formaldeído estudadas foram de 26,2, 85,3, 175,9, 394,0, 597,7, 808,0, 989,2, 1.158,6 e 1.416,8 mg/L. Tais concentrações têm base na bibliografia para possibilitar comparações entre os resultados.

### Estudos cinéticos

Para a avaliação do comportamento cinético da degradação do formaldeído, pela via anaeróbia, foram utilizados os perfis espaciais de concentração do tóxico obtidos para cada concentração afluyente testada (OLIVEIRA, 2001). Para cada perfil obtido, foi ajustada uma função de concentração de formaldeído em meio líquido, em função da relação adimensional entre comprimento e diâmetro do reator (L/D). A partir dessa

Tabela 1:  
Caracterização  
do líquido de  
preservação de  
cadáveres da  
FMRP  
Fonte: Sonia V.  
W. Borges de  
Oliveira

Parâmetro	Unidade	Valor
Formaldeído	mg/L	32.362,6
DQO Bruta	mg/L	50.783,0
DQO Filtrada	mg/L	48.400,0
pH	mg/L	5,1
Sólidos Totais	mg/L	11.220,0
Sólidos Voláteis Totais	mg/L	7840,0
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	57,2
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	45,2

função ajustada, foi possível a obtenção das velocidades de remoção de formaldeído pelo balanço material no reator, considerando modelo de reator tubular ideal, conforme proposto por Nardi et al (1999).

Esse método foi adaptado do original proposto por Zaiat e Foresti (1997), utilizando método diferencial (SILVEIRA, 1996) e desenvolvido, especificamente, para estimativa dos parâmetros cinéticos em reatores de leito fixo.

## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### Caracterização de solução de fixação de peças anatômicas

Devido aos danos que o formaldeído pode causar ao meio ambiente e a um processo biológico de tratamento de águas residuárias, é importante a caracterização da solução utilizada nos laboratórios para a previsão da diluição necessária.

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises efetuadas em solução de formol de laboratório da FMRP, após cerca de 24 horas da coleta, mantendo-se o recipiente em geladeira de isopor com gelo.

A relação DQO/formaldeído foi de 1,56, próximo ao encontrado nos estudos com o RAHLF para soluções de formaldeído em água (OLIVEIRA, 2001).

Pode-se observar que houve volatilização e/ou diluição dessa solução durante os oito meses de preparo, uma vez que a concentração de formaldeído encontrada foi da ordem de 32,4 g/L, ou seja, em torno de 8%.

Segundo Baker (1969), a solução não poderá ser ácida para não deixar um precipitado pardo nos tecidos, especialmente quando são armazenados por longo tempo. No caso estudado, o pH da solução foi de 5,1, o que indica que seria necessário um tamponamento a fim de atingir-se a neutralidade. Baker (1969) sugere que seja utilizada uma solução tampão com 4 g de monohidrato ácido de fosfato sódico e 6,5 g de fosfato dissódico anidro por litro.

### Minimização dos impactos causados pelo descarte de soluções de formaldeído

Aplicando-se as três metas básicas da gestão de resíduos em geral, "redução, reutilização e reciclagem", é possível minimizar os impactos causados no meio ambiente pelo descarte de solução de formol.

Um dos passos iniciais para o gerenciamento dessa solução é a avaliação criteriosa da qualidade e

concentração mínima de formaldeído nos tanques e recipientes. Essa medida poderia reduzir o descarte antecipado ou desnecessário da solução. Técnicas como filtração e clarificação das soluções consideradas impróprias podem recuperar a qualidade da solução, levando à sua reutilização. O descarte deveria ser restrito a soluções realmente inservíveis. Sendo assim, o volume de formaldeído lançado seria praticamente o das águas de lavagem de peças utilizadas em aulas.

O descarte de formaldeído no meio ambiente deverá ser feito em concentrações muito baixas, para minimizar seus efeitos nocivos. No caso dessa substância atingir um sistema de tratamento biológico de águas residuárias, poderá comprometer a biomassa por seu poder bactericida. Embora ainda não se tenha um consenso sobre a concentração de formaldeído ideal para sistemas de tratamento aeróbios e anaeróbios, em nenhum dos estudos publicados foi obtido sucesso com concentrações superiores a 3 g/L. Na maioria dos casos, os sistemas toleraram concentrações inferiores a 1 g/L. Pode-se concluir que será necessária uma diluição de cerca de 50 vezes, no caso de escoamento de tanques com concentração em torno de 10%.

No sistema atual de diluição, durante o escoamento das cubas do Laboratório Multidisciplinar, é utilizada água potável, com diluição de 1:1. Em quase todos os laboratórios do campus há destiladores que também utilizam água potável para resfriamento. O aproveitamento dessa água de resfriamento para a diluição dos efluentes com formaldeído poderia minimizar esse desperdício. Para isso, seria necessária a instalação de uma rede especial de captação dessa água e de tanques a fim de ser feita a diluição dos efluentes com formaldeído.

## Proposta para instalação de RAHLF visando ao tratamento de solução de formaldeído

Como já foi comentado, o descarte de efluentes com formaldeído no campus não obedece a nenhum critério específico, causando concentrações variáveis ao longo do dia, da semana e do ano. No período de férias escolares, não são lavadas peças para o preparo de aulas, e muitos laboratórios diminuem sua rotina de trabalho. Esses fatores influenciam muito a caracterização das vazões desse efluente.

Nos estudos com o RAHLF, nos quais se empregou o formaldeído como fonte única de carbono, a concentração média máxima de formaldeído aplicada foi de 1.416,8 mg/L, não havendo queda na produção de metano nem na eficiência de remoção de formaldeído e de DQO (OLIVEIRA, 2001).

Em princípio, algumas vantagens podem ser vistas em se tratar os efluentes com formaldeído do campus em uma

estação central: a diluição será feita pelo restante do esgoto do campus; muitos nutrientes serão fornecidos por este esgoto e o trabalho de monitoramento será reduzido a uma única estação. No entanto, devido à instabilidade da concentração de formaldeído lançada, o sistema corre o risco de receber uma sobrecarga que poderá prejudicar o tratamento dos demais efluentes. Ao mesmo tempo, os estudos sugerem que águas residuárias complexas diminuem a concentração máxima de formaldeído assimilável pelo sistema.

Sendo assim, a instalação de um sistema de tratamento específico para os efluentes contendo formaldeído torna-se uma alternativa justificável. Com os resultados bastante satisfatórios de degradação de formaldeído no RAHLF (OLIVEIRA, 2001), esse reator poderia ser utilizado após um tanque de diluição com água de resfriamento de destiladores, dos próprios laboratórios

da faculdade. Os nutrientes necessários e a solução tampão deverão ser fornecidos por um dispositivo automático. Por se tratar de substrato tóxico, o sistema poderá estar sujeito a instabilidades. Porém, com uma fonte única de carbono e controle dos demais parâmetros, a identificação e a solução dos problemas poderá ser menos complexa. A Figura 4 simboliza esquematicamente um sistema para tratamento de efluente de cuba de cadáveres fixados em formol.

A seguir, é analisada uma situação crítica do escoamento de uma cuba com 2 m<sup>3</sup> de fluido, com concentração aproximada de 41 g/L de formaldeído (solução a 10% de HCHO). Devido ao dispositivo de diluição 1:1 com água de torneira, instalado ao lado das cubas, a concentração a ser lançada ao tanque de equalização será de aproximadamente 20,5 g/L de formaldeído.

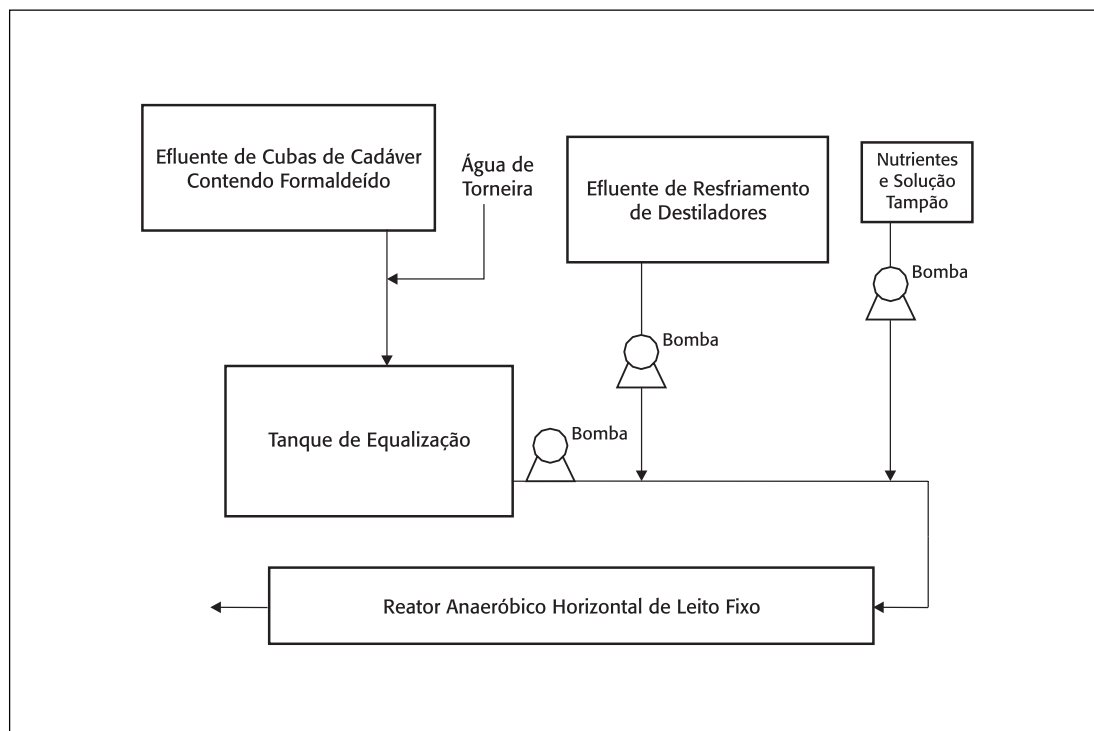


Figura 4 – Esquema de sistema de tratamento de efluente à base de formol com RAHLF  
Créditos: Autores

A diluição final do efluente do tanque de equalização será feita empregando-se água de resfriamento de destiladores (diluição 1:20), para se atingir a concentração de aproximadamente 1.025 mg/L de formaldeído. Esse efluente, previamente diluído, somado aos nutrientes e à solução tampão, será o afluente do RAHLF. Considerando-se que o conteúdo de uma cuba despejada deva ser tratado em um mês, a vazão será de 80 m<sup>3</sup>/mês (diluição 1:20) ou 2,7 m<sup>3</sup>/dia, ou ainda, 111,1 L/h. Deve ser considerado também que, além do volume da cuba haverá também o volume diário de água de lavagem do chão da sala, a ser tratado. Essa situação pode ser considerada como condição de pico. O reator operará o ano todo continuamente, tratando efluente dos tanques de cadáveres, bem como a água de lavagem da sala de cubas.

Dois critérios foram utilizados para se projetar o RAHLF no tratamento das águas contendo formaldeído.

*Critério I: Fixando o Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) de acordo com o ótimo nos experimentos em bancada*

Fixando-se o TDH em oito horas, com base no volume líquido do sistema, o reator deverá ter um volume líquido de escoamento de, aproximadamente, 900 litros. Isso implica em um volume total de reator de 2.250 litros, considerando a porosidade do leito de espuma de 40%.

Estipulando a mesma velocidade superficial de líquido de 0,1 cm/s (360 cm/h), conforme adotado por Zaiat et al (2000), no projeto de unidade de RAHLF piloto, a área seccional total do tubo deverá ser 771,5 cm<sup>2</sup> e, conseqüentemente, o diâmetro do tubo deverá ser de, aproximadamente, 30 cm.

Dessa forma, o reator deveria ter comprimento total de, aproximadamente,

32 metros, podendo ser construído em dez módulos de, aproximadamente, três metros para facilitar a operação e manutenção.

A eficiência esperada nesse sistema é a mesma obtida nos ensaios em laboratório, visando à concentração de projeto (OLIVEIRA, 2001).

A adoção de velocidade superficial maior que a avaliada em laboratório, provavelmente, superdimensiona a unidade, pois se espera menor resistência à transferência de massa na fase líquida à medida que se aumenta a velocidade superficial. Em conseqüência, a velocidade global de conversão seria maior quanto maior a velocidade superficial. Nesse caso, a adoção de velocidade superficial de líquido alta representa critério de segurança para o projeto.

*Critério II: Utilizando os parâmetros cinéticos*

O reator também pode ser projetado utilizando-se o modelo cinético ajustado com as constantes determinadas, considerando o reator como tubular ideal (NARDI et al, 1999). Os parâmetros cinéticos utilizados são aparentes e valem apenas para as condições operacionais e ambientais do experimento em bancada. No entanto, como exercício de aplicação, o modelo cinético obtido pode servir como uma primeira aproximação ao projeto do reator.

O balanço de massa em reator tubular ideal resulta em:

$$TDH = - \int_{C_{F_0}}^{C_F} \frac{dC_F}{(R_{obs})} \quad (1)$$

$C_{F_0}$  é a concentração afluente de formaldeído

Sendo:

$$R_{obs} = R_{max}^{app} \frac{C_F}{K_S^{app} + C_F} \quad (2)$$

Para o caso estudado:

$R_{max}^{app} = 187,5$  mg HCHO/.L.h (velocidade máxima de consumo de formaldeído)

$K_S^{app} = 242,8$  mg HCHO/L

Integrando a expressão de balanço de massa no reator, chega-se a:

$$TDH = \frac{K_S^{app}}{R_{max}^{app}} \ln \left( \frac{C_{F_0}}{C_F} \right) + \frac{1}{R_{max}^{app}} (C_{F_0} - C_F) \quad (3)$$

Considerando a concentração afluente de formaldeído ( $C_{F_0}$  igual a 1.025 mg/L após diluição, e estipulando uma eficiência de 99% ao tratamento, isto é,  $C_F$  igual a 5 mg/L, aproximadamente, o TDH obtido que deve ser aplicado ao reator deverá ser de 12,3 horas. Considerando a vazão de 111,1 L/h, o volume do reator total deveria ser de 3.424,7 litros para porosidade de leito de 40%.

Dessa forma, o reator projetado pelo critério cinético é cerca de 50% maior que o reator projetado, utilizando como critério o TDH experimental em escala de bancada.

## CONCLUSÕES

Com base nos estudos de degradação de solução de formol realizados em reator anaeróbio horizontal de leito fixo (OLIVEIRA, 2001), e em técnicas de filtragem e clarificação, é possível a realização de gerenciamento de solução de fixação de cadáveres em laboratórios de anatomia.

O primeiro passo para o gerenciamento é a redução do consumo de formol, pelo controle de qualidade da solução, fazendo com que não haja criação de fungos ou outros microrganismos. Para isso, devem ser realizadas análises de rotina em tanques

de pouco manuseio, e análises especiais após grandes diluições em tanques de constante trabalho. Ao obter-se a concentração de formaldeído da solução, é possível restabelecer a concentração ideal (8 a 10%), adicionando-se o volume necessário de formol. A redistribuição de peças nos tanques e recipientes também pode levar à redução do consumo de formol.

O segundo passo é a reutilização da solução de formaldeído, com técnicas de filtragem e clarificação, para a retirada de impurezas e outras substâncias que podem danificar as peças. Também é necessária a posterior correção da concentração de formaldeído.

Para as águas de lavagem de peças e as soluções consideradas inservíveis, poderá ser feito tratamento em reator anaeróbio, conforme descrito.

Esses procedimentos podem levar a uma redução significativa da utilização do formaldeído, bem como dos impactos que pode causar no meio ambiente e em estações biológicas de tratamento de águas residuárias.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGELIDAKI, I.; PETERSEN, S. P.; AHRING, B. K. Effects of lipids on thermophilic anaerobic digestion and reduction of lipid inhibition upon addition of bentonite. *Applied Microbiology Biotechnology*, Heidelberg, v. 33, p. 469-472, 1990.
- APHA; AWWA; WPCF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington: American Public Health Association / American Water Works Association / Water Environment Federation, 1998.
- ASSUMPCÃO, R. M. V.; MORITA, T. *Manual de soluções, reagentes e solventes*. São Paulo: Edgard Blücher, 1968.
- BAILEY, B. W.; RANKIN, J. M. New spectrophotometric method for determination of formaldehyde. *Analytical Chemistry*, Columbus, v. 43, n. 6, p. 782-784, may 1971.
- BAKER, R. D. *Técnicas de necropsia*. México: Editorial Interamericana, 1969.
- CAMPOS, J. R.; DANIEL, L. A. *Projeto Hidráulico do Sistema de Tratamento de Águas Residuárias do Campus da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto*. Cópias heliográficas e memorial descritivo. São Carlos: EESC, 1993.
- CARVALHO, H. V. *Manual de técnica tanatológica*. São Paulo: Typ. Rossolillo, 1950.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.
- NARDI, I. R.; ZAIAT, M.; FORESTI, E. Influence of the tracer characteristics on hydrodynamic models of packed-bed bioreactors. *Bioprocess Engineering*, Berlim, v. 21, n. 5, p. 469-476, 1999.
- OLIVEIRA, S. V. W. B. *Avaliação da degradação e toxicidade de formaldeído em reator anaeróbio horizontal de leito fixo*. 2001. 95p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- PCARP (Assessoria de Comunicação Social e Imprensa). *PCARP*. São Paulo: Coordenadoria de Comunicação Social da USP, 1992.
- SILVEIRA, B. I. *Cinética química das reações homogêneas*. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.
- ZAIAT, M.; FORESTI, E. Method for estimating the kinetics of substrate degradation in horizontal-flow anaerobic immobilized sludge (HAIS) reactor. *Biotechnology Techniques*, Dordrecht, v. 5, n. 11, p. 315-318, 1997.
- ZAIAT, M.; PASSIG, F. H.; FORESTI, E. A mathematical model and criteria for designing horizontal-flow anaerobic immobilized biomass reactors for wastewater treatment. *Bioresource Technology*, Londres, v. 71, p. 235-243, 2000.