

II-294 - AVALIAÇÃO HIDRODINÂMICA DE UM REATOR ANAERÓBIO DE LEITO FIXO TRATANDO ESGOTO SANITÁRIO

Andreia dos Santos Goffi ⁽¹⁾

Acadêmica de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão

Ellen Caroline Baettker

Acadêmica de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão

Otávio Henrique Silva

Acadêmico de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão

Karina Querne de Carvalho

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão (UTFPR). Coordenadora do curso de Especialização em Gerenciamento e Auditoria Ambiental da UTFPR, campus Campo Mourão.

Fernando Hermes Passig

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão (UTFPR). Diretor de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão (UTFPR).

Endereço ⁽¹⁾: UTFPR, *Campus* Campo Mourão. BR-369, km 0,5, Caixa Postal 271, CEP: 87.301-006. Fone: (44) 3518 – 1400 e-mail: andreiagoffi@hotmail.com

RESUMO

O estudo hidrodinâmico é de fundamental importância para a otimização da geometria dos reatores biológicos. Um estudo mais aprimorado neste sentido permite um maior conhecimento dos mecanismos hidráulicos e pode detectar problemas associados a falhas operacionais e de projeto, onde as mais comuns são as deficiências na distribuição do afluente que podem formar caminhos preferenciais, regiões de volume morto e curtos circuitos. O comportamento hidrodinâmico pode ser analisado a partir de um estudo com traçadores. Este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento hidrodinâmico do reator anaeróbio de leito fixo tratando esgoto sanitário. Foram realizados 3 ensaios de estímulo-resposta do tipo pulso com cada um dos corantes sedo eles Eosina Y, Bromofenol Azul, Bromocresol Verde, como traçador, após o reator anaeróbio ter alcançado o estado de equilíbrio dinâmico aparente em cada etapa. Nos ensaios realizados com o traçador Eosina Y, foi possível observar o lento decaimento na concentração do traçador ao longo do tempo, o que pode indicar o fenômeno de “cauda longa”, nos três ensaios, isso deve ter ocorrido devido à adsorção dos traçadores na biomassa do reator, já para o Bromofenol Azul verificou-se a antecipação da curva o que é um sinal de regiões de estagnação, quando observado o primeiro ensaio com o traçador Bromocresol Verde, verificam-se múltiplos picos decrescentes a intervalos regulares, que indicam indícios de uma forte recirculação interna. Foi possível constatar um lento decaimento da concentração dos traçadores, verificado pelo efeito cauda, este fato deve ter ocorrido devido à difusão ou adsorção do traçador no material suporte. Foi possível constatar também um adiantamento do TDH real para o teórico, este fenômeno pode estar associado aos caminhos preferenciais.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrodinâmica, Traçadores, Reator anaeróbio, Esgoto Sanitário.

INTRODUÇÃO

Com o desenfreado processo de urbanização que tem causado pressões sobre o meio ambiente e a alteração da qualidade ambiental dos municípios brasileiros, em virtude do modelo de desenvolvimento adotado, várias pesquisas são realizadas na tentativa de procurar processos de tratamento de esgotos que ocupem espaço físico reduzido e otimização da eficiência.

O contexto sanitário brasileiro revela um enorme déficit quanto ao tratamento dos esgotos sanitários, principalmente nas áreas urbanas. Do ponto de vista tecnológico, a busca de soluções sustentáveis, sob os aspectos social, ambiental e econômico, deve ser a premissa básica para atendimento dessas necessidades.

Para tanto o conhecimento minucioso dos mecanismos hidrodinâmicos é de fundamental importância na avaliação do desempenho e da eficiência de tratamento dos reatores anaeróbios, uma vez, que ele influencia de forma significativa a velocidade biológica das reações, já que em diferentes regiões do reator apresentam composições diferentes, em função do tipo de escoamento imposto (CARVALHO, 2008).

Um estudo mais detalhado neste sentido permite um maior conhecimento dos mecanismos hidráulicos e pode detectar problemas associados à falhas operacionais e de projeto, onde as mais comuns são as deficiências na distribuição do afluente que podem formar caminhos preferenciais, regiões de volume morto (que não possuem substrato na alimentação) e curtos circuitos hidráulicos.

O estudo do comportamento hidrodinâmico pode ser analisado a partir de um estudo com traçadores. Este estudo consiste em obter informações sobre a distribuição do tempo de residência do fluido (DRT) que está escoando. Este parâmetro pode ser determinado pelo teste de estímulo e resposta (LEVENSPIEL, 2000).

As curvas obtidas pelos testes de estímulo e resposta da distribuição de tempo de residência (DTR) informam qual o tempo de permanência das moléculas individuais no reator do fluido que escoar. A partir desta curva, são obtidas informações como o tempo médio de residência ou tempo médio de detenção hidráulica, o modelo matemático que melhor descreve o comportamento hidrodinâmico do reator, as conversões esperadas no reator para um dado sistema reacional com modelo cinético conhecido, problemas associados com design, falhas operacionais, além de permitir a identificação de anomalias de escoamento em reatores (LEVENSPIEL, 2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

REATOR

O reator anaeróbio de leito fixo com escoamento ascendente e fluxo contínuo é constituído de um tubo de acrílico de diâmetro interno de 93 mm e comprimento de 1100 mm (Figura 1). O reator possui volume total de 6,72 L, sendo o volume de 4,72 L correspondente à zona anaeróbia e 2 L à zona aeróbia. O reator é constituído por uma câmara de alimentação e um leito reacional. A câmara de alimentação, localizada na parte inferior do reator, tem 93 mm de diâmetro interno, 70 mm de comprimento e volume total de 13 L.



Figura 1: Vista do Reator anaeróbio.

IMOBILIZAÇÃO DA BIOMASSA DO REATOR

No reator piloto Anaeróbio foram utilizados para imobilização da biomassa, dois tipo de material suporte argila expandida e matrizes cúbicas de espuma de poliuretano. Devido à alta concentração afluente de sólidos em suspensão, foi utilizada a argila expandida com granulometria média variando de 5 mm a 15 mm no primeiro compartimento da zona anaeróbia para minimizar a colmatação do leito reacional e em parte posterior será utilizado matrizes cúbicas de espuma de poliuretano com 0,01 m de aresta, densidade aparente de 23 kg/m³ e porosidade de aproximadamente 95%.

Optou-se por imobilizar o módulo de espuma de poliuretano da zona anaeróbia do reator combinado que foi inoculado com lodo anaeróbio, proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos Km 119 da cidade de Campo Mourão/PR.

INOCULO ENSAIOS HIDRODINÂMICO

Para avaliar o comportamento hidrodinâmico do reator anaeróbio foram realizados 3 ensaios de estímulo-resposta do tipo pulso como traçador os corantes Eosina Y, Bromofenol Azul e Bromocresol Verde, após o reator anaeróbio ter alcançado o estado de equilíbrio dinâmico aparente em cada etapa.

Os ensaios hidrodinâmicos foram realizados com uma aplicação média da vazão afluente constante e igual a 0,6 L/h e o tempo de detenção hidráulica médio constante igual a 8 h.

O reator foi alimentado continuamente com esgoto sanitário em temperatura ambiente, gerado no campus da universidade em todas as etapas dos ensaios de estímulo-resposta. O esgoto sanitário utilizado possuía concentração de matéria orgânica variando entre 116,5 mg/L a 852,2 mg/L (em termos de DQO bruta).

As concentrações nos ensaios realizados com os traçadores foram, respectivamente, 0,120 mg/L, 0,07 mg/L, 0,07mg/L, para Eosina Y, Bromofenol Azul, Bromocresol Verde (Tabela 1). Em cada ensaio o tempo de injeção foi de aproximadamente 10 s, após a injeção do traçador foram feitas coletas do efluente do reator em intervalos de 30 min com utilização de um coletor automático de amostras.

Tabela 1: Características das soluções de traçadores utilizadas nos ensaios de estímulo-resposta.

| Traçador | Massa Molecular (g/mol) | Massa aplicada do traçador (mg) | Concentração do traçador (mg.10 mL) |
|-------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Eosina Y | 692 | 45 | 0,120 |
| Bromofenol Azul | 670 | 20 | 0,07 |
| Bromocresol Verde | 698 | 25 | 0,07 |

O tempo total de duração dos ensaios foi determinado de tal forma que as amostras fossem coletadas pelo menos durante três vezes o tempo de detenção hidráulica teórico. As amostras coletadas foram centrifugadas para evitar a interferência da presença de sólidos na leitura das absorbâncias.

RESULTADOS

As curvas de variação das concentrações de eosina Y, bromofenol azul e bromocresol verde ao longo do tempo nas amostras do efluente do reator são apresentadas na figura 2.

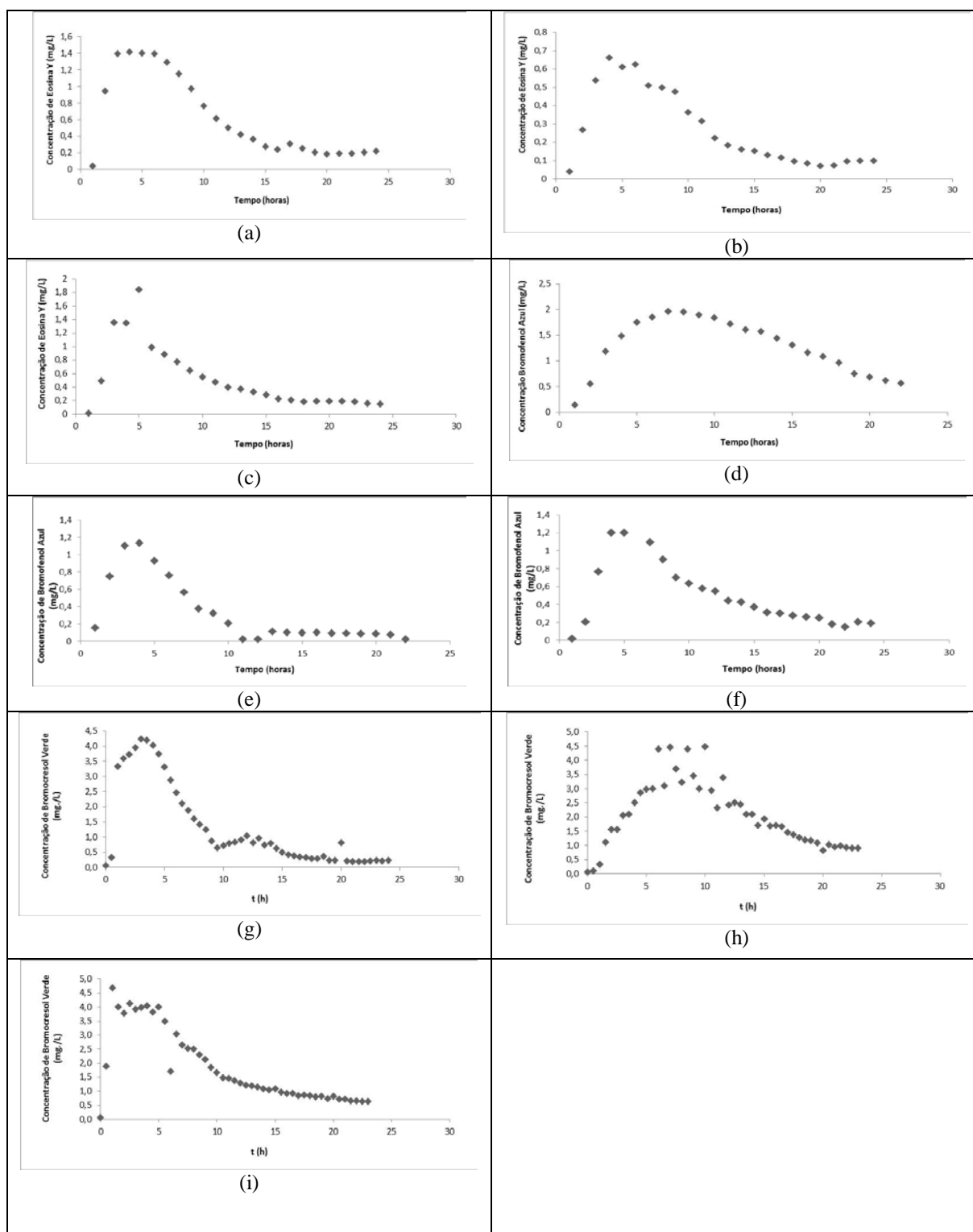


Figura 2: Curvas de variação da concentração de eosina Y (a, b, e c), concentração de Bromofenol Azul (d, e e f) e concentração de Bromocresol Verde (g, h e i) e ao longo do tempo nas amostras de efluente do reator para os ensaios de estímulo-resposta.

Nos ensaios realizados com o traçador Eosina Y, foi possível observar o lento decaimento na concentração do traçador ao longo do tempo, o que pode indicar o fenômeno de “cauda longa”, nos três ensaios, isso deve ter ocorrido devido à adsorção dos traçadores na biomassa do reator. Lima (2001) observou visualmente em um reator RAHLF esta adsorção do traçador no meio suporte, que no seu estudo também era utilizado espuma.

Já para o Bromofenol Azul a antecipação da curva o que é um sinal certo de regiões de estagnação, uma vez que a média esta muito antecipada, e a cauda longa não é tão notada (LEVENSPIEL, 2000).

Quando observado o primeiro ensaio com o traçador Bromocresol Verde, verificam-se múltiplos picos decrescentes a intervalos regulares, que indicam segundo Levenspiel (2000) indícios de uma forte recirculação interna.

Foi possível observar que o tempo de detenção hidráulica real obtido se aproximou a 5hs, 4,5hs e 4hs, para Eosina Y, Bromofenol Azul e Bromocresol Verde, respectivamente. Os valores experimentais obtidos foram inferiores ao TDH teórico, o que indica adiantamento nas respostas dos traçadores, provavelmente devido a caminhos preferenciais ou à falta de tempo para adaptação da biomassa e ao curto período de tempo entre a partida do reator e o alcance do estado de equilíbrio dinâmico aparente.

Mesmo após a centrifugação das amostras do efluente para os ensaios de estímulo-resposta, foi possível verificar algumas variações nas leituras de absorbância devido à presença de sólidos nessas amostras (Figura 2.f).

As curvas de concentração de traçador ao longo do tempo foram normalizadas de acordo com Levenspiel (2000). Essas curvas em função do tempo adimensional foram ajustadas pelos modelos teóricos uniparamétricos de dispersão pequena (DP), de grande intensidade (GD) e de tanques em serie (N-CSTR).

As curvas experimentais de distribuição do tempo de resistência (DTR) obtidas com o ajuste de modelos matemáticos são apresentadas na Figura 3.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos com o ajuste das curvas de distribuição do tempo de residência pelos modelos matemáticos teóricos, de acordo com Levenspiel (2000).

Tabela 2 – Parâmetros obtidos com o ajuste dos dados experimentais para reator anaeróbio.

| Traçador | TDH (h) | Ensaio | N-CSTR | PD |
|--------------------------|------------|--------|--------|-------|
| Eosina Y | 8 | 1 | 2.54 | 0.197 |
| | 8 | 2 | 2.27 | 0.22 |
| | 8 | 3 | 2.11 | 0.237 |
| Bromofenol Azul | 8 | 1 | 4.39 | 0.114 |
| | 8 | 2 | 1.55 | 0.322 |
| | 8 | 3 | 2.29 | 0.218 |
| Bromocresol Verde | 8 | 1 | 1.61 | 0.31 |
| | 8 | 2 | 3.82 | 0.131 |
| | 8 | 3 | 1.79 | 0.279 |

Observando os dados da Tabela 2, nota-se que o modelo teórico de N-CSTR em série fornece resultados iguais a 2,30 reatores para eosina Y, 2,70 reatores para bromofenol azul e 2,40 reatores bromocresol verde. Ainda na Tabela 2 observa-se aumento do número de N-CSTR em série e a diminuição do valor referente ao modelo de pequena dispersão.

Observa-se que os modelos de pequena dispersão (PD) apresentaram melhor ajuste aos dados experimentais ($D/uL < 0,01$ e dispersão idêntica dentro e fora do volume de controle). Porém, isto não significa que o ajuste tenha sido satisfatório, porque, mesmo neste modelo, foi grande a dispersão em relação aos valores experimentais.

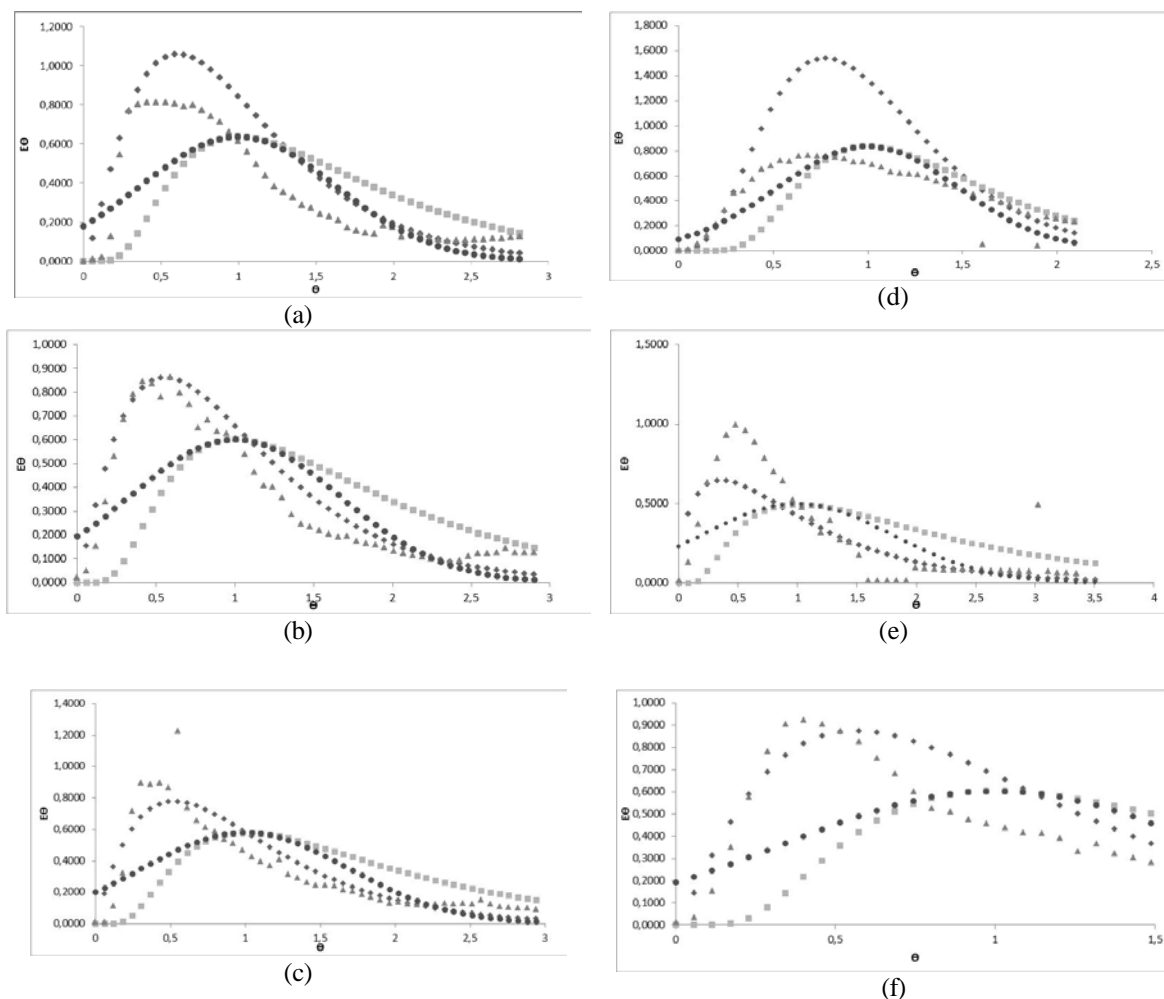


Figura 3: Curvas de DTR obtidos experimentalmente nas mesmas condições operacionais do reator anaeróbico com o uso do traçador: Eosina Y (a, b, e c) e Bromofenol Azul (d, e, e f) ao longo do tempo nas amostras de efluente do reator para os ensaios de estímulo-resposta. ▲ N-CSTR em serie, ■ grande dispersão, ● pequena dispersão, ◇ valores experimentais.

CONCLUSÕES

Nos ensaios realizados com o traçador Eosina Y, foi possível observar o lento decaimento na concentração do traçador ao longo do tempo, o que pode indicar o fenômeno de “cauda longa”, nos três ensaios, isso deve ter ocorrido devido à adsorção dos traçadores na biomassa do reator, já para o Bromofenol Azul verificou-se a antecipação da curva o que é um sinal de regiões de estagnação, quando observado o primeiro ensaio com o traçador Bromocresol Verde, verificam-se múltiplos picos decrescentes a intervalos regulares, que indicam indícios de uma forte recirculação interna.

Foi possível constatar um lento decaimento da concentração dos traçadores, verificado pelo efeito cauda, este fato deve ter ocorrido devido à difusão ou adsorção do traçador no material suporte. Foi possível constatar também um adiantamento do TDH real para o teórico, este fenômeno pode estar associado aos caminhos preferenciais.

Em todos os perfis experimentais, foi observada atenuação do pico devido ao retardo da passagem do traçador da porção posterior ao pico (efeito de cauda).

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a UTFPR campus Campo Mourão, pelo auxílio no desenvolvimento desta pesquisa, e a Fundação Araucária e a UTFPR pela bolsa de iniciação Científica, a Fundação Araucária, Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI-PR) e ao Governo do Estado do Paraná, pelo apoio financeiro recebido para viabilizar a participação, no congresso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARVALHO, K. Q. et al. Avaliação hidrodinâmica de reator UASB submetido à variação cíclica de vazão. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 226-235. Abr./jun. 2008.
2. LEVENSPIEL, O. Engenharia das Reações Químicas. 3 ed. São Paulo. Ed. Edgard Blücher Ltda, 563 p, 2000.
3. LIMA, C.A.A. Tratamento de esgoto sanitário em reator horizontal de leito fixo (RAHLF) - Escala Piloto. São Carlos, Tese (doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 165p, 2001.