Reator sequencial em batelada de baixo custo para laboratório didático

Altemar Vilar dos Santos[1], Rossana Borges Cavalcante Vilar[2], Vinícius Campos Ribeiro[3], Cleivisson de Souza Soares[3], Jaime dos Santos Filho[4], Douglas Thainan Silva Lima Mendes[5].

[1]Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. e-mail: altemarvilar@ifba.edu.br.
[2]Doutora em Química. e-mail: rossana.vilar@bol.com.br.
[3]Bolsista da iniciação científica no IFBA. e-mail: vini-ribeiro92@hotmail.com.
[4]Doutorando em Estatística - UFLA. e-mail: jaime@ifba.edu.br.
[5]Bolsista da iniciação científica júnior no IFBA. e-mail: douglasthainan.mendes10@hotmail.com.

Resumo: O uso de estações de tratamento de esgoto reais em escala de laboratório para uso didático fica restrito as instituições de ensino mais antigas. É importante ressaltar que essas estações são desenvolvidas para pesquisas com custo elevado. Esse trabalho elaborou uma proposta de construção do reator sequencial em batelada a partir de componentes alternativos de baixo custo para fins didáticos. O resultado obtido foi um sistema capaz de operar por 8 meses consecutivos tratando lixiviado.

Palavras–chave: RSB, reator sequencial em batelada, modelo didático.

Introdução

No Brasil, o ensino superior está passando um processo de interiorização. Hoje, os cursos da engenharia sanitária e ambiental estão difundidos no interior do país. Na década de 1970, esses cursos tiveram origem a partir da Política Nacional de Meio Ambiente e Plano Nacional de Saneamento e ficaram restritos as regiões consideradas estratégicas no Brasil. Atualmente, são oferecidos 241 cursos de graduação denominados engenharia ambiental e 9 cursos de graduação denominados engenharia sanitária ou engenharia sanitária e ambiental (MEC, 2012). O ensino do tratamento de águas residuárias, na maioria dos casos, é feito por mestres e doutores cuja produção científica é reconhecida a nível nacional e internacional. Entretanto, a maior parte de tais docentes não desenvolve experimentos didáticos voltados para o ensino dos processos físico-químicos e biológicos envolvidos no tratamento de águas residuárias. Além disso, o uso de estações de tratamento de esgoto reais em escala de laboratório para uso didático fica restrito as instituições de ensino mais antigas. É importante ressaltar que essas estações são desenvolvidas para pesquisas e não para uso didático.

As estações de tratamento de águas residuárias são estruturas bem conhecidas dos alunos dos cursos da área ambiental em função das visitas técnicas e das aulas teóricas. Essas plantas fascinam o estudante quando o mesmo pode constatar na prática o seu funcionamento. O uso de estações de tratamento de esgoto - ETE nos cursos de graduação possibilita agregação de valores na formação do egresso, uma vez que permite o contato do futuro profissional com situações reais no controle e na supervisão dos processos físico-químicos e microbiológicos envolvidos no tratamento de águas residuárias. Para Martins e Kassab Júnior (2006), o uso de plantas reais no ensino da engenharia proporciona o incentivo da estrutura didática em trabalhos práticos envolvendo modelagem e projeto de sistemas de controle. Em todos os níveis do ensino de tratamento de efluentes, observa-se um maior entusiasmo dos alunos em realizar atividades práticas em estações reais. É possível que os alunos vejam na prática que os conceitos teóricos possuem aplicação real e válida. Com certeza as aulas teóricas são ferramentas indispensáveis ao ensino, mas não substituem o contato com uma estrutura física destinada ao tratamento de efluentes. As aulas práticas possibilitam aos alunos maior familiarização com situações próximas do cotidiano de uma ETE na escala real. Além disso, ao realizar trabalhos experimentais, o estudante poderá adquirir conhecimentos multidisciplinares que na maioria dos casos não são aplicados com muita ênfase nos cursos da área ambiental. O problema na formação de técnicos, tecnólogos e engenheiros no campo da engenharia ambiental não é fácil em função da complexidade dos conteúdos envolvidos no tratamento de esgoto não serem devidamente explorados apenas em aulas expositivas. Para Moruzzi e Moruzzi (2010), o ensino da engenharia ambiental deve envolver o universo do conhecimento que corresponde aos problemas relacionados a esta temática. Para que o professor possa desenvolver e executar práticas de laboratório sobre tratamento de efluentes são necessários, na maior parte dos casos, diferentes estruturas físicas para avaliar os processos de remoção de matéria orgânica e nutrientes.

O reator sequencial em batelada pode ser um recurso didático adequado para aulas práticas de tratamento biológico de águas residuárias. O princípio do funcionamento do sistema em batelada permite reunir em apenas um tanque a decantação primária, a remoção de matéria orgânica, a remoção de nutrientes e a decantação secundária (von Sperling, 1997). Além disso, o reator sequencial em batelada pode ser operado sob condições

ISBN 978-85-62830-10-5
VII CONNEPI©2012

aeróbias, anóxicas e anaeróbias (Dezotti et al, 2011). Tal especificidade possibilita realizar aulas práticas sobre digestão anaeróbia, processos aeróbios e processos anóxicos na mesma estrutura física. Os reatores sequenciais em batelada são sistemas periódicos de alimentação e descarte que estão sendo utilizados com sucesso para o tratamento de águas residuárias (Cybis, 1992).

A partir do exposto, o trabalho ora apresentado busca quebrar o mito de que para ter atividade experimental sobre tratamento de águas residuárias são necessários instrumentos disponíveis em pacotes didáticos ou em instituições com laboratório de pesquisa. Dessa forma, o trabalho apresentou uma proposta de construção do reator sequencial em batelada (RBS) de baixo custo.

Aparato Experimental

Um balde plástico graduado com capacidade para 20 litros foi utilizado como reator. O sistema de aeração foi obtido a partir do emprego de um compressor de ar para aquário da marca Jebo do modelo 660 ligado em duas pedras porosas através de mangueiras plásticas de 5 mm de diâmetro externo. A alimentação do reator foi realizada por intermédio de uma bomba submersa da marca Sarlobetter modelo SB1000C. A retirada do esgoto tratado era feita por uma bomba submersa modelo Mini C da marca Sarlobetter. As bombas de lixiviado bruto e tratado estavam conectadas a mangueiras tipo cristal com 5 mm de diâmetro externo. A agitação da massa líquida foi desenvolvida por uma hélice de aço inox ligada a um motor limpador de para-brisa da marca Bosch modelo CHP através de um jogo de polias com diâmetros de 35 e 5 cm, respectivamente. As polias foram ligadas por uma correia da marca condor modelo B-60. O motor Bosch foi instalado na polia pequena e a hélice foi presa na polia maior. O motor Bosch foi ligado a uma fonte de computador ATX para receber 12 volts. A fonte utilizada era da marca Braview, modelo ATX-450204A e 200 watts de potência. A fonte foi ligada direta em função do chaveamento dos fios de saída verde e preto. O equipamento forneceu 12 volts com o uso dos fios amarelo e preto. O acionamento e o desligamento dos motores utilizados no experimento foram realizados por temporizadores digitais da marca Decorlux modelo industrial 220V – 16A 50/60 Hz. A água residuária utilizada no experimento era acondicionada em balde com capacidade para 40 litros. A homogenização era realizada por uma bomba submersa da marca Sarlobetter modelo B650. O nível do licor misto no reator foi controlado por um pressostato da marca da marca Emicol modelo EPR 08/09 para dois ou três níveis empregados em lavadora de roupa. O extravasor do reator foi desenvolvido com um adaptador de meia polegada fixado com cola tipo epoxi. Uma mangueira de jardim de 1/2” foi conectada ao extravasor para drenar possível excesso de afluente no reator. Uma torneira de 1/2” foi instalada para esvaziar o reator. As bombas utilizadas no experimento são destinadas ao processo de aeração de aquário. A cola do tipo epoxi foi utilizada para vedar os furos necessários a adaptação do balde para funcionar como reator. Foram empregados 30 cm de tubo de PVC, dois tês, dois adaptadores de 20x1/2” e um cap.

Material e Métodos

A montagem do reator sequencial em batelada teve início em 01 de agosto de 2011. No dia 4 de novembro foi concluída a montagem. Entre agosto e novembro de 2011, o experimento foi construído e testado com água para evitar possíveis problemas após a partida do sistema. O experimento foi montado no Laboratório de Química do Campus Vitória da Conquista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. O RSB foi montado num pórtico tridimensional construído com cantoneira de abas iguais de 3/4”. Na parte superior do pórtico foi soldada uma chapa metálica de 26cmx7cmx0,5cm com um rolamento de diâmetro de 45mm com uma bucha de ferro para acoplar a hélice a polia de 35 cm de diâmetro. O motor Bosch para acionar o sistema de agitação foi preso ao pórtico através de uma chapa idêntica aquela utilizada para prender a hélice maior. O motor foi ligado a polia menor por meio de uma chaveta para garantir o acoplamento da polia ao motor sem patinar. O balde utilizado como reator foi posicionado no interior do pórtico de tal forma que a hélice ficou centralizada no interior do mesmo. As pedras porosas utilizadas para gerar bolhas de ar no interior do RSB foram fixadas no fundo com cola tipo epoxi. A bomba de ar foi posicionada acima do nível do reator para evitar sifonamento de líquido em direção a parte elétrica do equipamento. O controle do ciclo operacional do sistema em batelada foi gerenciado por um quadro elétrico composto por quatro temporizadores digitais. O primeiro temporizador controlava a bomba de alimentação. O acionamento era feito exclusivamente através do temporizador e o desligamento era realizado por intermédio do pressostato para controlar o nível do reator previamente estabelecido. O temporizador e o pressostato foram ligados em série no circuito elétrico do sistema. O segundo temporizador controlava o acionamento do sistema de aeração. O terceiro temporizador era utilizado

no sistema de agitação. O quarto temporizador foi empregado para ligar a bomba submersa para remoção do esgoto tratado. A representação esquemática do circuito elétrico montado para gerenciar o acionamento dos motores instalados no RSB está apresentada na Figura 1.

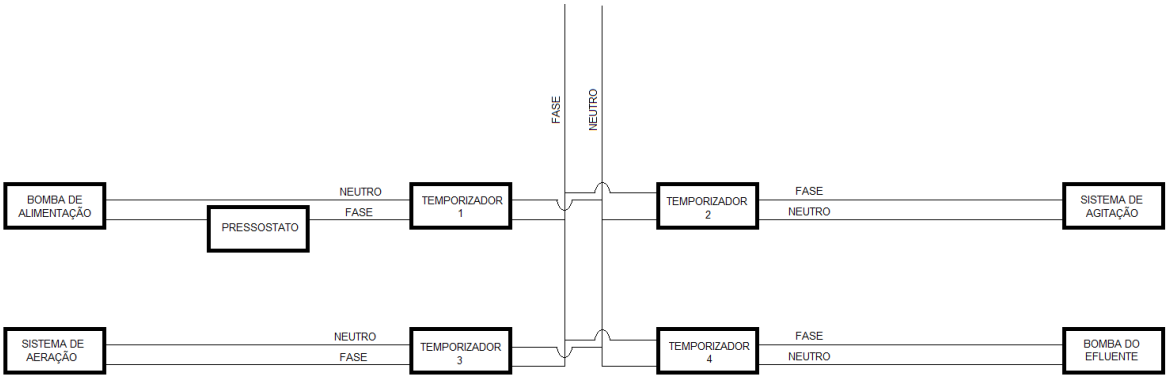

Figura 1 – Representação esquemática do circuito elétrico do RSB

A bomba usada para remoção do efluente foi posicionada no nível do volume de recirculação do lodo entre duas bateladas consecutivas. A sucção da bomba foi posicionada para cima com a finalidade de reduzir o máximo possível a sucção do lodo.

As mangueiras da aeração, do afluente, do efluente e do pressostato foram instaladas em uma guia construída com tubo e conexões de PVC com 20 mm de diâmetro de acordo com a Figura 2. Essa figura descreve a montagem do sistema.

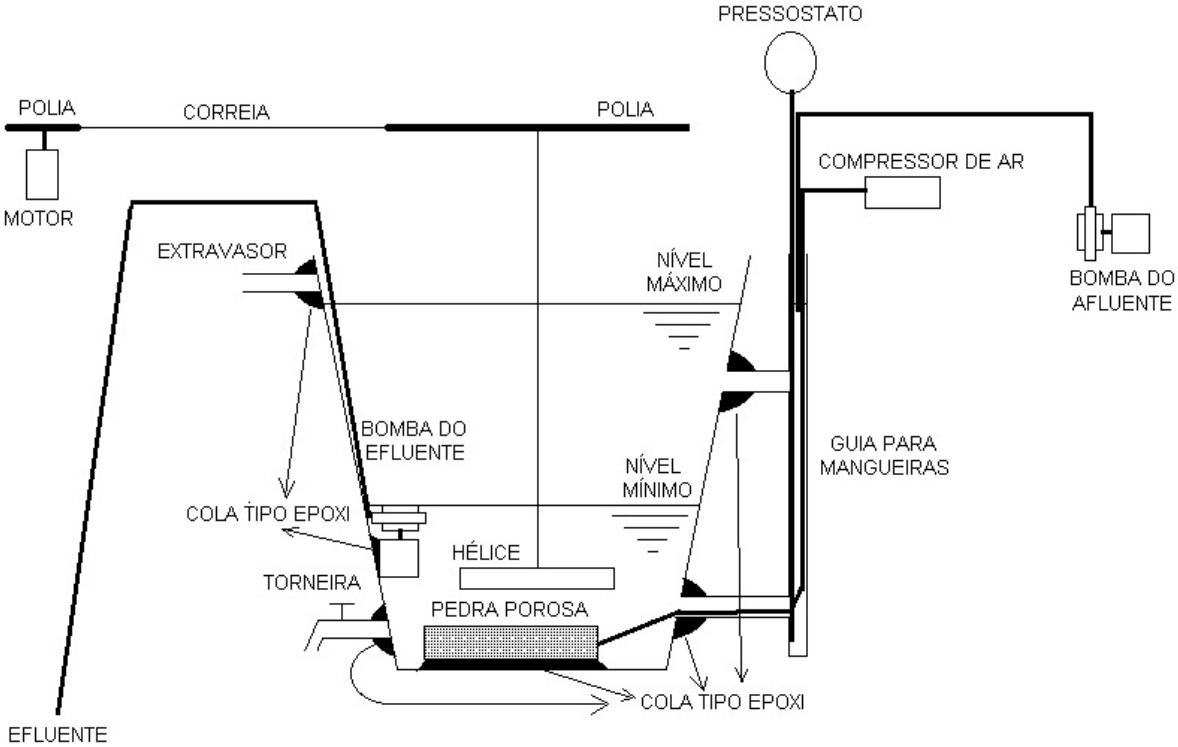

Figura 2 – Representação esquemática da montagem do RSB.

Após a conclusão da montagem, o RSB foi testado para verificar o comportamento do sistema em operação e a resistência dos componentes empregados na construção.

Descrição da Operação

O ciclo operacional do RSB foi definido para tratar lixiviado de aterro sanitário com o objetivo de remover matéria orgânica. Os intervalos de tempo para enchimento, reação aeróbia, sedimentação, esvaziamento e descanso foram 0,5 hora, 22 horas, 1 hora, 0,25 hora e 0,25 hora, respectivamente. O sistema tratava 7 litros de chorume por dia. O volume de recirculação entre duas bateladas consecutivas foi 7,5 litros. Durante a fase de reação, o licor misto ocupava 16 litros do reator.

O lixiviado utilizado na pesquisa como substrato foi coletado no aterro sanitário da cidade de Vitória da Conquista na Bahia. As coletas ocorreram nas quartas ou nas quintas-feiras. Após a coleta, o lixiviado era acondicionado em bombonas de 20 litros para o transporte até o laboratório de química. O armazenamento do substrato ocorria em freezer para preservar as características do substrato ao longo do tempo. O lixiviado utilizado para alimentar o RSB era transferido do freezer para um balde de 30 litros posicionado no interior de uma geladeira de 280 litros. A homogenização do chorume era garantida por uma bomba submersa de aquário marca Sarlobetter modelo B650. O líquido succionado na parte inferior do balde era lançada na parte superior através de mangueira de borracha colada na parede do balde com cola de silicone. A bomba de alimentação do RSB foi posicionada no interior do balde utilizado como reservatório no interior da geladeira.

O RSB montado operou de novembro de 2011 a julho de 2012.

Resultados e Discussão

O sistema montado está apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Reator sequencial em batelada

Ao longo dos oito meses de operação, observou-se algumas paradas no motor empregado para agitação do reator em função do desgaste das escovas de carvão. Depois de duas tentativas fracassadas para repor as escovas de carvão originais do motor, utilizou-se escovas de carvão de alternador de automóvel em função da maior durabilidade. A configuração do ciclo operacional do RSB nos temporizadores foi realizada com sucesso e com precisão de 1 minuto. Cada temporizador foi configurado para acionar apenas o respectivo componente a ele ligado. As faltas de energia que ocorreram no laboratório não desconfiguraram o ciclo operacional, uma vez

que cada temporizador possui uma pilha interna para não atrasar o relógio interno e não perder a programação. O pressostato empregado na construção do sistema precisou ser ajustado em função da altura do balde usado como reator. O ajuste consistiu na redução da coluna de água no reator para permitir a entrada de 7 litros do lixiviado afluente. O volume de recirculação entre duas bateladas consecutivas foi de 7,5 litros. O sistema de agitação possibilitou 10 voltas por minuto para hélice.

As bateladas sempre ocorreram no horário da programação dos temporizadores. As bombas utilizadas para bombear lixiviado bruto e tratado desempenharam suas funções de forma adequada, uma vez que o lixiviado passa pelo processo de filtração na célula até chegar o ponto de coleta e o lixiviado tratado apresenta concentração baixa de sólidos suspensos voláteis em função da decantação no RSB apresentar condições próximas das ideais para separação de sólidos e líquido. Não foram observados desgastes nessas bombas. Foi necessário apenas a troca da bomba do efluente, uma vez que a mesma apresentou problema elétrico no motor. O compressor de ar possibilitou a aeração do reator e a agitação do licor misto durante os períodos de parada do sistema de agitação.

Com pequenas modificações esse protótipo pode ser usado para demonstração qualitativa do lodo. Para tanto, deve-se trocar o balde por um recipiente em acrílico para facilitar a visualização dos flocos do licor misto. Outra modificação que pode ser inserida no sistema é o uso de tampa para o reator. Assim seria possível utilizar o RSB como respirômetro para análise de toxicidade de esgoto industrial.

Conclusões

No presente trabalho, foi descrito um reator sequencial em batelada construído a partir de componentes de baixo custo para possibilitar estudos sobre remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo sob condições aeróbias e anaeróbias. Além disso, o sistema oferece condições para o estudo da cinética dos processos envolvidos no tratamento de águas residuárias. Depois de vários meses de operação, observou-se que a estrutura montada é capaz de operar com um mínimo de paradas em função de quebras de componentes. Apesar das bombas não serem projetadas para líquido com sólidos, observou-se um desempenho ótimo desses componentes durante a operação do reator. Os problemas de operação ficaram restritos ao sistema de agitação, porque o motor usado com as escovas de carvão original não operaram por mais de quinze dias. A substituição das escovas de carvão originais por escovas de carvão para alternador resolveram o problema. Com modificações pequenas o RSB pode ser utilizado como respirômetro. Além disso, basta suprimir o fornecimento de ar para obter um sistema anaeróbio. Essas possibilidades de uso do sistema montado demonstram a versatilidade do protótipo para aulas práticas de tratamento de efluentes com a finalidade de consolidar vários conteúdos teóricos em um só sistema na escala de bancada.

Agradecimentos

Ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelas bolsas concedidas aos alunos da iniciação científica que participaram do trabalho.

Literatura Citada

CYBIS, L. F. **An Innovative Aproach to the Control of Sequencing Batch Reactors Used for Nitrification and Denitrification**.. Departament of Civil Engineering. University of Leeds: Leeds, 1992. 240 p. (Tese de Doutorado em Engenharia Civil).

DEZOTTI, M.; SANT`ANNA Jr., G. L., BASSIN, J. P. **Processos biológicos avançados para tratamento de efluentes e técnicas de biologia molecular para o estudo da diversidade microbiana.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. 368 p.

MARTINS, P. A.; KASSAB JUNIOR, F. Uso de trocadores de calor como ferramenta didática para o ensino de modelagem e sistemas de controle. **Revista de Ensino de Engenharia**, Passo Fundo; v. 25, n. 2, p. 3-9, 2006.

MEC. **Ministério da Educação**. Disponível em: <http://emec.mec.gov.br/>. Acesso em: 25 set. 2012.

MORUZZI; A. B.; MORUZZI, R. B. A transversalidade como princípio pedagógico no ensino superior de engenharia: o Programar da engenharia ambiental da UNESP - Campus de Rio Claro. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 29, n. 1, p. 20-28, 2010.

VON SPERLING, M. **Lodos Ativados**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambienta l-Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. 415 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 4)