

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-084 - COMPORTAMENTO DO pH, OXI-REDUÇÃO E OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA NA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E NITROGÊNIO

Gilson Arimura Arima

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Católica Dom Bosco. Gerente de Expansão da Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul - Campo Grande MS / Brasil.

Luiz Fernando de Abreu Cybis⁽¹⁾

Professor, orientador, pesquisador e consultor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade de Leeds, Inglaterra.

Altemar Vilar dos Santos

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor do Centro Federal de Educação Tecnológicas da Bahia (CEFET-BA). Mestre em Saneamento pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Bento Gonçalves, 9500 – Caixa Postal: 15029 – CEP: 91501-970 – Porto Alegre – RS. Telefone: (51) 3316-6668, Fax: (51) 3316-7291

 lfcybis@iph.ufrgs.br

RESUMO

O reator seqüencial em batelada (RSB) no tratamento de águas residuárias apresenta vantagens, visto que a equalização, os processos biológicos e a sedimentação ocorrem em um único reator, proporcionando uma redução significativa de custos e área de implantação, quando comparado com o lodo ativado contínuo.

Entretanto, esta modalidade de tratamento requer um acompanhamento dos processos biológicos de forma cuidadosa, durante a ocorrência do ciclo operacional, pois opera em pseudo-estado estacionário.

É neste contexto que o estudo do comportamento de alguns parâmetros inferenciais, on-line, como o pH, o potencial de oxi-redução e o oxigênio dissolvido podem caracterizar o estado biológico do processo, em um dado instante de tempo.

Este trabalho descreve a variação comportamental do pH, REDOX e OD em um RSB, operado com a estratégia de remoção de matéria orgânica e nitrogênio, com o intuito de obter os pontos notáveis que possam ser utilizados como controle na duração das reações aeróbia e anóxica, tratando esgoto sintético com características domésticas.

PALAVRAS-CHAVE: Remoção Carbono, Remoção Nitrogênio, RSB, pH, Oxi-redução.

INTRODUÇÃO

O reator seqüencial em batelada (RSB) é uma das modalidades do sistema de tratamento de águas residuárias, através do lodo ativado. O ciclo operacional típico do RSB é composto pelas fases de enchimento, reação, sedimentação,

esvaziamento e descanso.

Normalmente, as reações aeróbias e anóxicas, contidas em cada ciclo são pré-estabelecidas com durações maiores que os necessários para a ocorrência dos processos de remoção da matéria orgânica e do nitrogênio. Este procedimento requer mais incorporação de energia ao processo e reduz a qualidade do efluente final, visto que exerce efeitos adversos na ecologia microbiana (Chang e Hao, 1995).

O principal obstáculo para a obtenção de um ciclo, com durações das reações adequadas, é a dificuldade operacional de sondas on-line em medir parâmetros de matéria orgânica, nitrito e nitratos, além das variações do afluente e das variáveis ambientais no reator.

O monitoramento dos parâmetros inferenciais do pH, oxi-redução (REDOX) e o oxigênio dissolvido (OD) têm-se mostrado uma ferramenta útil na indicação do estado biológico dos processos (Cybis, 1992).

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi necessário projetar e montar os reatores, em escala de bancada de forma a operar regular e confiavelmente, sob as condições de variações ambientais que ocorrem no processo de nitrificação e desnitrificação.

Os reatores foram construídos em acrílico, em formato cilíndrico com o volume total de 12 litros. Nas laterais foram instalados quatro orifícios, onde foram acoplados os sensores em rolhas de borrachas removíveis, o que permitia a limpeza e a calibração dos sensores duas vezes por semana durante a fase de descanso. As calibrações dos sensores foram realizadas utilizando padrões físico-químicos, em conformidade com o Standard Methods (1995). A Figura 1 mostra a fotografia do experimento montado no Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Figura 1 – Experimento com os dois RSB instrumentalizados, em escala de bancada.



Para mistura dos reatores foram utilizados motores de corrente contínua, acoplados a um regulador de tensão, marca Motron, que movimentava a hélice interna através de uma haste metálica.

A aeração foi realizada com difusores de pedra porosa, alimentada por uma bomba peristáltica de forma a produzir a melhor transferência do OD ao líquido, durante a maior parte da reação aeróbia.

As bombas de alimentação, de descarte do lodo e de esvaziamento do reator foram tipo peristálticas, marca Cole-Parmer. Nos experimentos cada RSB foi operado com o volume mínimo antes do enchimento de 6 litros, e o volume máximo de 10 litros, portanto 4 litros foi alimentado, em cada reator em cada ciclo.

O esgoto sintético possui características típicas de esgoto doméstico, sendo preparado a cada 3 dias e mantido sob refrigeração à 10°C, sob agitação constante. A sua composição é mostrada na Tabela 1.

O lodo inoculado foi obtido da estação de tratamento de esgotos domésticos Arvoredo, com reatores sequenciais em bateladas, na cidade de Porto Alegre, operada pelo DMAE.

Tabela 1: Composição do esgoto sintético (Kuba et al. modificado, 1993).

Fonte de carbono $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ 1,00 g/L	Minerais traços
Fonte de Nitrogênio NH_4Cl 0,227 g/L	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ 1,50 g/L
Extrato de Carne 0,02 g/L	H_3BO_3 0,15 g/L
Fonte de Fósforo KH_2PO_4 0,27 g/L	$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ 0,03 g/L
Meio básico $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 0,60 g/L	KI 0,03 g/L
$\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ 0,07 g/L	$\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ 0,12 g/L
EDTA 0,01 g/L	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ 0,06 g/L
Minerais traços 2,00 mL/L	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 0,12 g/L
	$\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ 0,15 g/L

O estudo foi desenvolvido com a operação de 85 ciclos, com a rotina de um ciclo por dia. Do ciclo 1 ao 70, a operação foi pré-estabelecida, conforme a tabela 2.

Tabela 2: Ciclo pré-estabelecido.

Fases	Duração (minutos)	Seqüência (minutos)	Descrição
Enchimento	15	ñM / ñA	Acúmulo de substrato
			Efeito da diluição
Reação	505	160. M / A	Condições aeróbias
		330. M / ñA	Condições anóxicas
		15 M / A	Condições aeróbias
Sedimentação	60	-	Condições de tranquilização
Esvaziamento	15	-	Descarte do efluente
Descanso	125	-	Condições anaeróbias

M – Mistura ñM – Não mistura A – Aeração ñA – Não aeração

Do ciclo 71 ao 85, a duração do ciclo foi mantida, porém houve a atuação do controle do sistema especialista difuso, na qual possibilitou a redução na duração da reação aeróbia e anóxica.

No ciclo 70 foi realizado um perfil não destrutivo, onde foram determinados a demanda química de oxigênio (DQO), o nitrogênio nitrito ($\text{NO}_3^- \text{N}$) e nitrato ($\text{NO}_4^- \text{N}$). O estudo do perfil final foi executado no ciclo 85, no qual foram determinados os sólidos suspensos (SS), os sólidos suspensos voláteis (SSV), a DQO, o nitrogênio Kjeldhal (NTK), o nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3^+ \text{N}$), o $\text{NO}_3^- \text{N}$ e o $\text{NO}_4^- \text{N}$. As metodologias utilizadas para determinação dos parâmetros estão de acordo com Standard Methods (1995).

O sistema de aquisição e controle consistiu de sete partes: as sondas, os amplificadores/transmissores, os cartões de interface de entrada analógica/digital e de saída digital, o computador pessoal digital, a placa de relés e os dispositivos comandados (bombas peristálticas, misturadores e válvulas solenóides). Para o gerenciamento do sistema de aquisição de dados e de acionamento dos dispositivos de comando foi elaborado um software implementado em Borland Delphi V 5.0. O programa foi desenvolvido de forma a operar dois RSB's simultaneamente, com ciclos diferenciados de forma pré-estabelecida ou ciclos automatizados pelo sistema especialista difuso, através do qual obtém-se durações das reações aeróbias e anóxicas de forma otimizada.

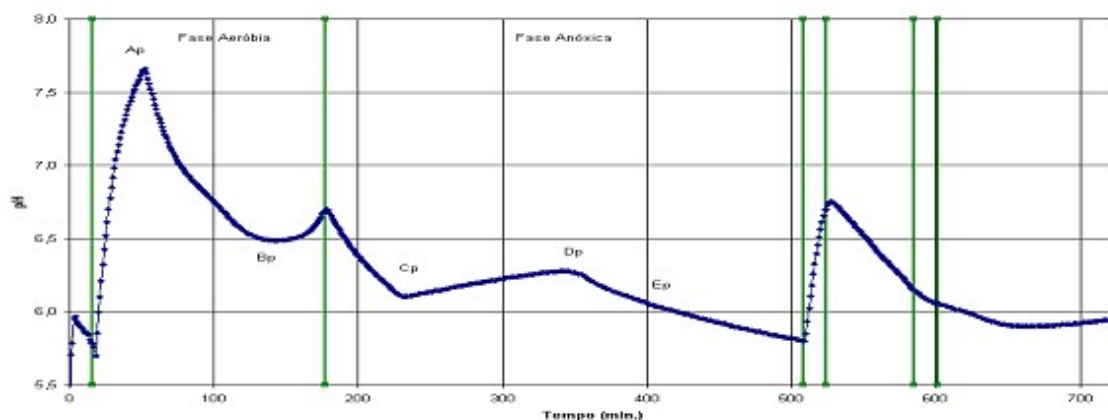
RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ciclo inicial o pH, durante a reação aeróbia, teve tendência exponencial iniciando com 6,4 e terminando com 7,6; na reação anóxica este parâmetro comportou de forma semelhante ao ciclo 70, conforme mostrado na figura 2.

O REDOX, durante a fase aeróbia, aproximou-se à função exponencial com valores de 0 mV a 115 mV; na reação anóxica este parâmetro decresceu praticamente linearmente, tendendo a uma constante de -277 mV. Neste ciclo a eficiência na remoção de matéria orgânica (DQO) e nitrogênio foram baixas, 20% e 11% respectivamente. Não houve nenhum ponto notável, que possa ter utilização no controle da duração das reações.

No ciclo 13, durante a reação aeróbia, o pH destacou-se somente pela presença do ponto Ap aos 75 minutos, semelhante a figura 2. Chang e Hao (1996) definiram este ponto notável como o início da reação aeróbia, com a volatilização de CO₂. O ponto notável Ao, na figura 4, vem a ratificar, mostrando que a partir deste ponto os valores da concentração de OD tornaram-se maiores que 0 mg/L. O REDOX apresentou decréscimos irregulares, atingindo o valor de -81,6 mV aos 75 minutos, tendo tendência exponenciais até o final da reação. As eficiências na remoção da DQO, na nitrificação e desnitrificação foram, respectivamente, 90%, 20,5% e 92,7%.

Figura 2 – pH x tempo (minutos) – Ciclo 70.



O ponto notável Bp, análogo ao mostrado na figura 2, foi evidenciado no final da reação aeróbia do ciclo 27, onde a eficiência da nitrificação foi de 31,3%. Este ponto torna-se mais acentuado no ciclo 41, onde a eficiência da nitrificação aumentou para 70,5%. Os pontos notáveis no REDOX, Dr e Er similar a figura 3, mostraram-se no ciclo 41, durante a reação anóxica na qual sinaliza o final do processo de desnitrificação.

O processo de desnitrificação iniciou somente após o ponto Co, figura 4, sendo mínima a concentração de NO_x-N no ponto Dr. Este ponto é conhecido como o joelho do nitrato (Cybis, 1992).

A partir do ponto Dr atenta-se a queda repentina dos valores do REDOX. Plisson-Saune et al. (1996) explicam este comportamento associado ao começo das atividades sulfato-redutivas, com a produção de sulfato. As eficiências na remoção da DQO, na nitrificação e desnitrificação foram, respectivamente, 97,6%, 96,4% e 97,1%. Os resultados da operação durante o período de 42 dias, com dois ciclos diários, mostraram eficiências máximas na remoção da matéria orgânica (DQO) de 97,6 %, com 98,8 % de nitrificação e 97,8 % de desnitrificação.

Figura 3 –Redox (mV) x tempo (minutos) – Ciclo 70.

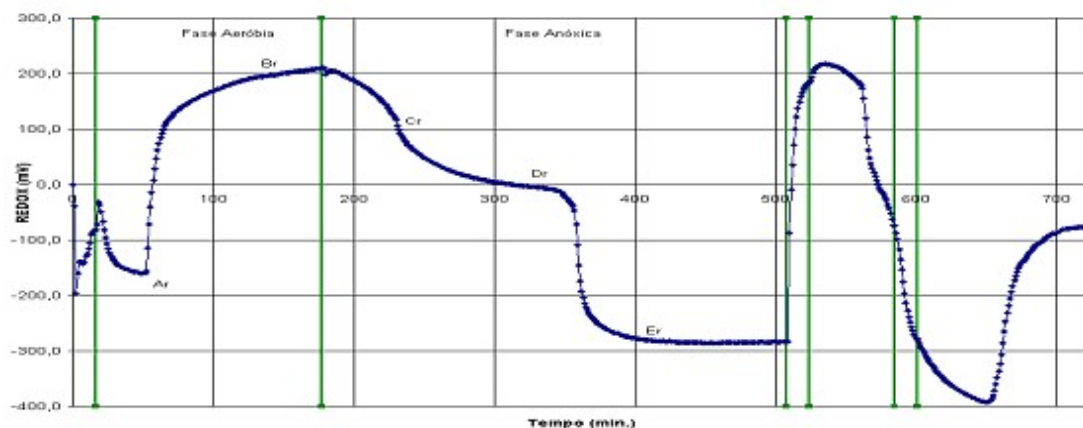
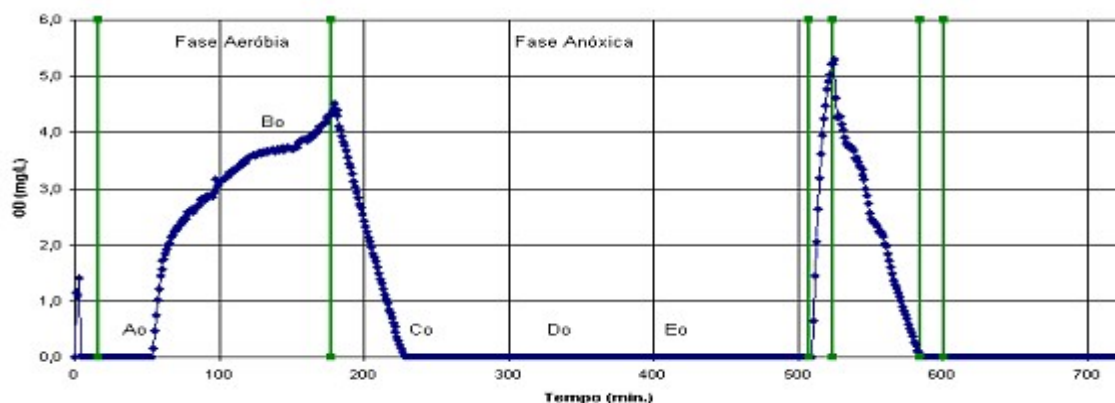


Figura 4 –OD (mg/L) x tempo (minutos) – Ciclo 70.



CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

O pH, REDOX e o OD podem ser utilizados com êxito, como parâmetros inferenciais on-line, no controle da duração das reações aeróbia e anóxica em RSB, em substituição as sondas específicas de NOx-N e de matéria orgânica.

O pH mostrou-se ser mais evidenciável durante a reação aeróbia, já o REDOX foi mais notável durante a reação anóxica.

O parâmetro de maior dificuldade para medição foi o OD, por não apresentar reprodutibilidade e ser extremamente sensível as sujidades do licor misto.

A realização de estudos do comportamento do pH, REDOX, OD e outros parâmetros inferenciais em RSB, alimentados com outros tipos de efluentes, fazem-se necessários. Recomenda-se, também, o estudo destes parâmetros inferenciais no processo de remoção biológica do fósforo.

Merece distinção o desenvolvimento de sondas on-line, mais confiáveis operacionalmente, para NOx-N e de matéria orgânica. Este trabalho demonstrou a potencialidade da utilização dessas sondas para a otimização das reações biológicas do RSB, reduzindo o custo energético e melhorando a qualidade do efluente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHANG, C. H.; HAO O. J. Sequencing batch reactor system for nutrient removal: ORP and pH profiles. *Journal Chemical Technology & Biotechnology*, Oxford. v. 67, 1996. p. 27-38.
2. CYBIS, L. F. An Innovative Approach to the Control of Sequencing Batch Reactors Used for Nitrification and Denitrification. Leeds: Department of Civil Engineering. University of Leeds, 1992. 240 p. Tese (Doutorado) - University of Leeds, Leeds, England, 1992.
3. KUBA, T.; SMOLDERS, G.; van LOOSDRECHT, M. C. M.; HEIJNEN. Biological phosphorus removal from wastewater by anaerobic-anoxic sequencing batch reactor. *Water Science & Technology*. v. 27, n. 56, 1993. p.241-252.
4. PLISSON-SAUNE, S.; CAPDEVILLE, B.; MAURET M.; DEGUIN A.; BAPTISTE. Real-time control of nitrogen removal using three ORP bending-point: signification, control strategy and results. *Water Science & Technology*. v. 33, n. 1, 1996. p.275-280.
5. STANDARD Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19o Ed. Washington DC: American Public Health Association, 1995.