



II-275 – CAPACIDADE METABÓLICA DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS DE LODO ATIVADO EM AMBIENTE AERÓBIO E ANÓXICO

Elivânia Vasconcelos Moraes dos Santos⁽¹⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Professora do IFCE.

Heraldo Antunes Silva Filho⁽²⁾

Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Professor do IFCE.

Érica de Oliveira da Nóbrega⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFCG.

Paula Frassinetti Feitosa Cavalcanti⁽⁴⁾

Professora da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Adrianus c. van Haandel⁽⁵⁾

Professor da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Endereço⁽¹⁾: DEC/UFCG: Rua Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó – Campina Grande - PB - CEP: 58109-970 - Brasil - Tel: (83) 88646917 - e-mail: prosab@uol.com.br

RESUMO

Uma boa alternativa para projetos de Sistemas de Lodo Ativado (SLA) em países de clima tropical, como o Brasil, é a introdução de um ou mais reatores anóxicos, visto que, a nitrificação é um fator quase inevitável sob as condições de temperatura e disponibilidade de oxigênio presentes nesses SLA. O processo que ocorre em fases anóxicas é chamado de desnitrificação e é capaz de reduzir custos com aeração em até 20%, recuperar a alcalinidade perdida com a nitrificação e ainda remover nitrogênio na forma de nitrato e matéria orgânica de forma eficiente. Este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade metabólica de bactérias heterotróficas geradas em SLA em ambiente aeróbio e anóxico. Para os testes foram comparadas duas configurações diferentes de SLA (Sistema Bardenpho e UCT). Os resultados mostraram a grande viabilidade de se inserir fases anóxicas em SLA projetados no Brasil, pois as taxas médias obtidas foram semelhantes para ambos os sistemas estudados (Sistema Bardenpho anóxico: 50,6mg/L/h; aeróbio: 51,4 mg/L/h) e, (UCT anóxico: 36,3 mg/L/h; aeróbio: 36,7 mg/L/h) indicando assim que, para a otimização de SLA a remoção de nitrogênio deve ser um fator especialmente avaliado, pois além da remoção desse nutriente, a matéria orgânica é removida com a mesma eficiência de um reator aeróbio.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo ativado, Anóxico, Desnitrificação, Bardenpho, UCT.

INTRODUÇÃO

Os maiores problemas para a aplicação de sistemas de lodo ativado são os custos com aeração artificial e com a estabilidade do sistema, além da geração de lodo. Para o dimensionamento de sistemas de lodo ativado existem alguns conceitos extremamente importantes que tornam o projeto viável ou não mediante análise das condições de cada realidade local, como a idade de lodo e a composição do esgoto afluente ao sistema. Todavia, os sistemas de lodo ativado apresentam diversas vantagens quando seu projeto de dimensionamento é realizado de forma otimizada, por exemplo, quando configurados adequadamente, têm a capacidade de remover não somente material orgânico como também, nutrientes (VAN HAANDEL E VAN DER LUBBE, 2007).

A utilização da matéria orgânica pelas bactérias heterotróficas em ambiente aeróbio requer oxigênio, sendo em média o dobro do requerido pelas bactérias autotróficas nitrificantes. É importante destacar que o papel dessas bactérias é somente a remoção de material orgânico, objetivo esse, atingido de forma eficiente em praticamente todas as variações e diversas configurações que os sistemas de lodo ativado podem apresentar.



A nitrificação ocorre quase que inevitavelmente em regiões de clima quente e, mesmo que o sistema tenha o único objetivo de remoção de material orgânico, provavelmente vai haver transformação de amônia em nitratos através do processo de nitrificação. Com isso, surge a necessidade de se estabelecer nestes sistemas outro processo para otimizar o consumo de oxigênio, como também, melhorar a qualidade do efluente (VAN HAANDEL E MARAIS, 1999).

O processo de desnitrificação realiza a redução de nitratos a nitrogênio molecular gasoso, ou seja, retira da fase líquida, até mesmo de forma completa, o nitrogênio amoniacal afluente ou que anteriormente tenha sido convertido em amônia através de amonificação e, logo após, convertido em nitratos pelas bactérias autotróficas através do processo de nitrificação. Quem realiza o processo de desnitrificação são as bactérias heterotróficas, sendo estas, ditas facultativas, isto é, em ambiente aeróbio utilizam o oxigênio como aceptor final de elétrons e em ambiente anóxico utilizam nitrato, sempre consumindo matéria orgânica combinada com o oxigênio, e convertendo a CO_2 e H_2O . A desnitrificação diminui o consumo de O_2 e devolve parte da alcalinidade ao sistema. É importante assim, que o dimensionamento de sistemas de lodo ativado contemple o processo de desnitrificação, garantindo boa eficiência de remoção de matéria orgânica e nitrogênio, aliada aos menores custos.

Com o objetivo de comparar a utilização do material orgânico tanto em ambiente aeróbio quanto em ambiente anóxico, foram realizados testes respirométricos e análises de nitrato, para encontrar-se a taxa de consumo de oxigênio e a taxa de consumo de oxigênio equivalente, respectivamente. A importância dessa comparação está, principalmente, na averiguação da TCO e TCO equivalente, pois a partir destes parâmetros relações estequiométricas e dados cinéticos podem ser determinados, sendo de grande importância para o dimensionamento otimizado de sistemas de lodo ativado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram montados e operados dois sistemas de lodo ativado em escala piloto (Bardenpho e UCT - University of Cape Town -). Cada sistema era composto de quatro reatores e um decantador. O sistema Bardenpho era composto de três reatores anóxicos (com pré e pós desnitrificação) e um reator aerado. O sistema UCT possuía um reator anaeróbio, dois anóxicos (com pré e pós desnitrificação) e um reator aerado. Os decantadores foram confeccionados em fibra de vidro e com forma cilíndrica, enquanto que para os reatores foram usados tubos de PVC, tendo o fundo vedado por um cap.

Cada sistema ficava encaixado em uma grade de cantoneiras. Um motor de 1/3 HP 45 rpm fazia girar diretamente um eixo central com palhetas, que agitava o reator central (aeróbio) e, via polias, outros eixos com palhetas agitavam os outros reatores e o decantador. Assim, um único motor agitava todos os quatro reatores e o decantador de cada sistema.

O volume total dos reatores dos sistemas era de aproximadamente 235 L. Todos os dois sistemas eram alimentados com esgoto da cidade de Campina Grande. Foi necessário um período de 3 meses até que se formasse um lodo concentrado e de boa sedimentabilidade em cada um dos sistemas. A Figura 1 mostra a configuração básica dos sistemas.

A principal diferença de um sistema para o outro estava na direção da recirculação do licor misto (lodo em suspensão) e do lodo sedimentado. No sistema Bardenpho ocorria uma recirculação do lodo do decantador (lodo sedimentado) para o primeiro reator (reator R1a), e outra do reator R3a para o R1a. Como o reator R1a não era aerado e recebia lodo nitrificado (contendo nitrato) originado em R3a, nele se desenvolveu um ambiente anóxico.

No sistema UCT ocorriam três recirculações: a primeira tinha o propósito de recircular o licor misto do sistema para o primeiro reator R1c, porém com a garantia de que não estaria entrando nitrato, já que o reator R2c era anóxico, favorecendo assim, o surgimento de um ambiente anaeróbio em R1c. A segunda recirculação ocorria do decantador para o reator anóxico R2c. O objetivo dessa recirculação era apenas transportar o licor misto pelo ambiente anóxico. A terceira recirculação objetivava inserir nitrato no R2c para favorecer o processo de desnitrificação, em que o nitrato produzido em R3c (aerado) era levado a R2c (anóxico).

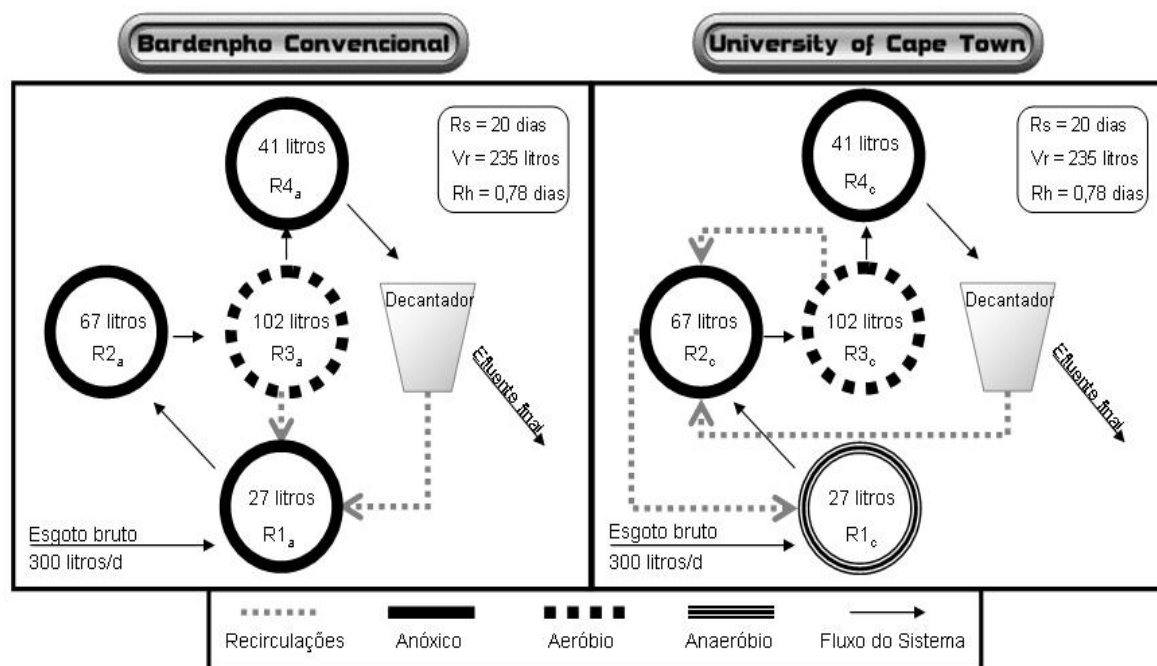


Figura 1: Configuração dos sistemas de lodo ativado Bardenpho e UCT, operados durante a pesquisa.

Testes Respirométricos

A Taxa de Consumo de Oxigênio (TCO) é uma variável extremamente importante no controle de processos biológicos. Em relação às bactérias heterotróficas, essa taxa corresponde diretamente à utilização de um substrato (material orgânico) que é oxidado através do oxigênio ou ainda, outro oxidante que atue como aceptor final de elétrons da reação.

Para os testes de respirometria utilizou-se o respirômetro Beluga, do tipo aberto e de forma semicontínua (CATUNDA *et al.*, 1996). A aeração era controlada pelo *software* S32c, que ativava o aerador quando a concentração de OD atingia o limite inferior estabelecido, desativando-o quando esta atingia o limite superior também estabelecido, iniciando ciclo de períodos com e sem aeração. Durante os períodos sem aeração o Beluga calculava a TCO a partir da variação da concentração de OD com o tempo.

A Figura 2 mostra a tela do monitor de operação do respirômetro (*software* S32c – respirômetro Beluga) durante um teste respirométrico realizado com uma batelada de licor misto retirado do reator aeróbico de um dos sistemas operados. Nesse teste foi utilizado o monoss substrato acetato de sódio, solúvel e de fácil assimilação pelas bactérias heterotróficas na presença de oxigênio. A tela apresenta duas janelas. Na janela superior, vê-se plotado o gráfico da concentração de OD a partir dos dados medidos durante os períodos com aeração que se tornavam completos quando era atingida a concentração limite superior de OD de 3 mg/L. E os períodos sem aeração, que eram encerrados quando a concentração de OD reduzia até atingir o limite inferior de 1 mg/L. Na janela inferior, vê-se o respirograma, que compõe os valores da TCO calculados pelo *software* S32c do respirômetro Beluga, durante os períodos sem aeração.

Ainda observando a Figura 2 percebe-se que a TCO permanece constante em um valor muito baixo e, quando se adiciona o substrato ela cresce exponencialmente até atingir um valor constante e máximo, em seguida cai e quase retorna ao valor inicial. A TCO mínima percebida através do gráfico da Figura 2 é chamada de TCO endógena e a TCO mais elevada do gráfico é devida à respiração exógena. No gráfico, vê-se a soma da TCO endógena e da TCO exógena, sendo então chamada de TCO máxima.

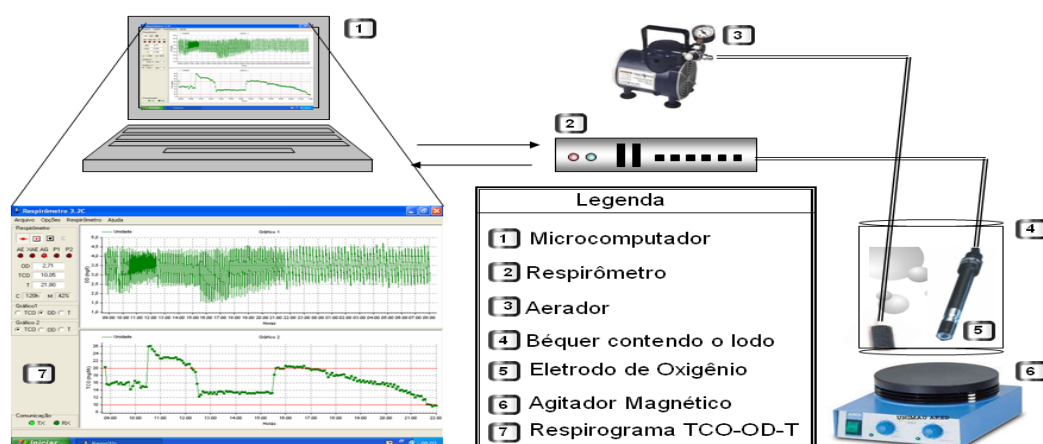
Os dados pontuais da temperatura do licor misto, da concentração de OD e da TCO podem ser lidos diretamente na tela no lado esquerdo do gráfico.



Figura 2: Teste respirométrico com 3 adições de acetato de sódio (correspondendo cada adição a 60 mgDQO/L) em que foram construídas três curvas da taxa de consumo de oxigênio (software S32c).

As concentrações de OD de referências mínima e máxima usadas foram de 1,0 mg/L e 3,0 mg/L. Os valores de referência foram escolhidos de acordo com a resposta metabólica do lodo, para que não houvesse erro na leitura da TCO. Para os testes respirométricos, foi montado um sistema contendo alguns materiais específicos (Figura 3):

- CPU (*Central Processing Unit*) contendo o *software S32c* instalado, e seus periféricos (monitor, mouse, teclado);
- respirometro Beluga com saída para a CPU, aerador e entrada para o eletrodo de OD;
- aerador de aquário com pedra porosa;
- eletrodo de oxigênio;
- bquer com 2 litros de capacidade;
- agitador magnético com bastão, para manter o lodo em suspensão.



Figur

a 3: Esquema do sistema utilizado para a realização dos testes respirométricos. O procedimento básico utilizado nos testes respirométricos consistia em:

- ligar o respirometro e esperar aproximadamente 10 minutos e calibrar o eletrodo de oxigênio de acordo com a temperatura ambiente;



- coletar um litro de licor misto dos reatores aeróbios e armazenar em béquer de 2 litros;
- deixar o licor misto sob agitação e emergir o eletrodo de OD, ligado ao respirômetro, dando início aos ciclos com e sem aeração, tendo como referências a concentração máxima de OD de 3 mg/L e mínima de 1 mg/L). O software do respirômetro calcula a TCO, por regressão linear, através dos dados de depleção de OD. No início do teste não se adicionar substrato, com a finalidade de se determinar a TCO endógena (TCO_{end}).
- deixar os lodos sob aeração por um período de tempo suficiente para todo material extracelular ser utilizado (verificar esta utilização quando o valor da TCO ficar constante), e assim, determinar a $TCO_{end..}$
- adicionar o substrato após estabelecer a TCO_{end} . Aguardar o respirômetro começar a registrar valores da TCO relativos à utilização do substrato adicionado.
- restabelecer a TCO_{end} quando todo o substrato for utilizado. Expressar a DQO do substrato oxidado pelo lodo a partir da integração da área da curva formada que da o oxigênio consumido por litro de licor misto. Ao se comparar a concentração de substrato adicionado e a concentração de DQO oxidada, verificar experimentalmente a fração de material oxidado.

Capacidade Metabólica das Bactérias Heterotróficas em Ambiente Aeróbio

Para avaliar a capacidade metabólica das bactérias heterotróficas em ambiente aeróbio, utilizou-se o monossustrato solúvel, acetato de sódio ($NaC_2H_3O_2 \cdot 3H_2O$), por ser facilmente utilizado pelo lodo gerado em esgotos domésticos. Também foi utilizado amido comercial como substrato particulado de difícil degradação, cuja fração solúvel corresponde a 2% da DQO total (SILVA FILHO, 2003).

Os testes respirométricos foram realizados, segundo descrito anteriormente, com o licor misto dos sistemas Bardenpho e UCT, utilizando-se os dois substratos: acetato de sódio e amido comercial.

Capacidade Metabólica das Bactérias Heterotróficas em Ambiente Anóxico

Para determinar a taxa de consumo de oxigênio equivalente de nitrato a partir do processo de desnitrificação procurou-se desenvolver alguns procedimentos específicos. Isso porque, o método respirométrico anteriormente descrito, que serviu como ferramenta para a determinação da TCO em ambiente aeróbio, não era capaz de satisfazer por completo as necessidades do teste em ambiente anóxico, pois não determinava a concentração de nitrato. Utilizou-se então, o método Espectrofotométrico de Absorção Molecular pela técnica do Salicilato de Sódio, de Rodier (1975) para determinação da concentração de nitrato em função do tempo decorrido de teste.

Os testes em ambiente anóxico visaram à determinação da taxa de consumo de oxigênio equivalente de nitrato para o material rapidamente biodegradável, lentamente biodegradável e taxa correspondente à respiração endógena para os sistemas Bardenpho e UCT.

Para a execução dos testes de desnitrificação, após o estabelecimento da TCO_{end} do lodo de cada sistema operado, desenvolveu-se a metodologia descrita a seguir:

- a aeração era interrompida e deixava-se que o OD se tornasse nulo.
- era adicionada uma concentração de 50 mg/L de nitrato de sódio e nenhum material orgânico;

Já que o lodo encontrava-se previamente em condição endógena, em um primeiro momento, verificou-se a TCO equivalente referente ao consumo endógeno. Para isso coletou-se um volume de 50 mL da amostra de licor misto (imediatamente centrifugado e o sobrenadante separado do lodo) tendo sido considerado como ponto inicial, os primeiros 50 mL coletados. A concentração de nitrato foi medida em diversos momentos, para que se observasse a depleção de nitrato em função do tempo transcorrido.

Em média, o teste durava 4 horas, com coletas de 15 em 15 minutos, tendo sido coletadas 16 amostras nas primeiras execuções, e tendo em vista a taxa constante, aumentou-se o intervalo de coleta dessas amostras, sendo então coletados de meia em meia hora e de hora em hora. Foram realizadas análises de DQO e nitrato. O pH era próximo da neutralidade e o OD nulo.



Os cálculos que possibilitaram a conversão dessas concentrações de nitrato para taxa de consumo de oxigênio equivalente se basearam na estequiometria da reação de oxi-redução desses oxidantes que demonstra a equivalência $2,86 \text{ gO}_2/\text{gNO}_3\text{-N}$.

Para determinar a taxa de consumo de oxigênio equivalente de nitrato do material rapidamente biodegradável, o procedimento foi semelhante ao descrito anteriormente (para respiração endógena) com o diferencial da adição de acetato de sódio no começo do teste.

Os primeiros 50 mL coletados após a adição de solução de acetato de sódio equivalente a 240 mg/L de DQO, eram considerados o ponto inicial e a partir deste, durante 4 horas, eram coletados de 15 em 15 minutos para os primeiros testes, e de meia em meia hora e de hora em hora para os testes posteriores. Também foram realizadas análises de DQO e nitrato e monitorou-se tanto o pH (mantendo-o próximo de 7) quanto o OD que era nulo. Para o cálculo da TCO equivalente utilizou-se novamente a estequiometria da reação química dos oxidantes (oxigênio e nitrato).

O procedimento para a determinação da TCO equivalente de nitrato para material lentamente biodegradável foi quase em sua totalidade igual ao anteriormente citado (para material rapidamente biodegradável) com a única diferença quanto ao substrato adicionado. O substrato introduzido, dessa vez, foi amido comercial na mesma concentração equivalente de DQO de 240 mg/L.

Os cálculos para a determinação da TCO equivalente de nitrato para material lentamente biodegradável também seguiram a mesma sequência dos anteriormente descritos. Foram realizados 10 testes de 4 horas para cada situação (respiração endógena, com acetato de sódio e com amido comercial).

RESULTADOS

Os resultados dos testes respirométricos e de desnitrificação sem substrato (fase endógena), com substrato solúvel (material rapidamente biodegradável) e com substrato particulado (lentamente biodegradável) estão descritos a seguir.

Observando a Tabela 1, vêem-se os resultados de TCO e TCO equivalente, referentes aos testes na fase endógena, em que para o ambiente anóxico esperava-se o consumo de algum substrato que estivesse presente no licor misto (confirmado pelo respirômetro) e se procedia com a análise de nitrato. Para ambiente aeróbio aguardava-se somente que se estabelecesse uma TCO constante e mínima sem adição de qualquer substrato.

Os dados apresentados na Tabela 1 demonstram uma proximidade nos resultados de TCO e TCO equivalente, o que é uma grande surpresa, visto que na literatura, o que se sabia sobre a comparação dessas duas fases era de uma relação de 35% menor para ambiente anóxico (VAN HAANDEL E MARAIS, 1999).

A duração dos testes deve ser considerada, visto que, o decaimento do lodo na fase endógena, e principalmente a concentração de nitrato não devem ser fatores limitantes. Percebia-se que quando a concentração de nitrato era muito baixa o cálculo da TCO equivalente era prejudicado.

Isso pode atribuir-se, por exemplo, às bactérias aeróbicas facultativas (bactérias com habilidade em utilizar aceptores em ambos os ambientes aeróbicos e anóxicos), que podem transferir-se do metabolismo aeróbico para redução com nitrato quando o oxigênio está presente em concentração muito baixa (1 mg L⁻¹) (SNOEYINK E JENKINS, 1980).



Tabela 1: TCO e TCO equivalente em ambientes aeróbio e anóxico, respectivamente. Em cada situação, valores referentes à respiração endógena.

TCO E TCO EQUIVALENTE (mg/L/h) - ENDÓGENA				
	SISTEMA A		SISTEMA C	
	ANÓXICO	AERÓBIO	ANÓXICO	AERÓBIO
	O	O	O	O
1	10,88	11,03	12,3	12,2
2	11,26	11,12	16,16	15,78
3	10,67	11,07	15,14	14,98
4	8,62	10,28	10,48	10,73
5	11,32	11,06	11,68	12,32
6	10,91	11,18	10,78	10,50
7	9,42	10,02	10,75	10,61
8	8,92	8,32	10,22	10,57
9	7,96	7,68	10,76	11,01
10	10,35	11,77	11,5	11,57
MÉDIA	10,03	10,35	11,98	12,03
MÍNIMO	7,96	7,68	10,22	10,50
MÁXIMO	11,32	11,77	16,16	15,78
DP	1,20	1,34	2,05	1,89
CV	0,12	0,13	0,17	0,16

DP = desvio padrão

CV = coeficiente de variação

Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentados os resultados com os substratos: particulado e solúvel, respectivamente.

Os resultados encontrados confirmam que em ambiente aeróbio e em ambiente anóxico o consumo de material orgânico é praticamente igual, principalmente quando se observam as médias dos testes realizados.

Tabela 2: TCO e TCO equivalente em ambientes aeróbio e anóxico, respectivamente. Em cada situação, valores referentes à respiração exógena com substrato particulado.

TCO E TCO EQUIVALENTE (mg/L/h) - PARTICULADO				
	SISTEMA A		SISTEMA C	
	ANÓXICO	AERÓBIO	ANÓXICO	AERÓBIO
	O	O	O	O
1	10,2	10,9	17,2	16,8
2	11,4	10,8	15,3	14,7
3	10,7	11,1	18,8	19,1
4	10,3	10,4	17,2	17,6
5	10,8	10,6	15,8	14,6
6	11,2	11,2	19,2	19,4
7	10,8	10,3	18,9	18,3
8	10,4	10,7	17,6	17,8
9	10,6	10,9	18,8	17,7
10	10,9	11,2	17,9	18,2
MÉDIA	10,73	10,81	17,67	17,42
MÍNIMO	10,20	10,30	15,30	14,60
MÁXIMO	11,40	11,20	19,20	19,40
DP	0,38	0,31	1,33	1,64
CV	0,04	0,03	0,08	0,09

DP = desvio padrão

CV = coeficiente de variação



Tabela 3: TCO e TCO equivalente em ambientes aeróbio e anóxico, respectivamente. Em cada situação, valores referentes à respiração exógena com substrato solúvel.

TCO E TCO EQUIVALENTE (mg/L/h) - SOLÚVEL				
	SISTEMA A		SISTEMA C	
	ANÓXICO	AERÓBIO	ANÓXICO	AERÓBIO
1	56,64	60,67	-	-
2	55,04	57,23	34,06	32,63
3	44,14	43,52	21,12	25,94
4	54,21	54,32	32,64	33,1
5	53,64	54,06	31,64	32,06
6	49,36	50,98	38,28	37,00
7	45,61	55,64	35,78	34,93
8	41,54	41,04	46,12	35,77
9	53,62	51,22	42,69	49,92
10	48,88	48,63	42,44	43,31
11	44,98	44,61	41,64	46,14
12	55,67	57,83	33,67	33,19
13	53,97	48,49	35,61	36,54
MÉDIA	50,56	51,40	36,31	36,71
MÍNIMO	41,54	41,04	21,12	25,94
MÁXIMO	56,64	60,67	46,12	49,92
DP	5,08	5,96	6,64	6,68
CV	0,10	0,12	0,18	0,18

DP = desvio padrão

CV = coeficiente de variação

É importante destacar que a variação de nitrato em função do tempo é inferior à variação de oxigênio. Todavia, quando se quer definir a taxa de consumo de oxigênio equivalente, que corresponde ao consumo de DQO, deve-se considerar a constante de relação estequiométrica de 2,86. Os resultados encontrados podem inferir que, diante da mesma taxa de utilização do substrato, a taxa de crescimento (μ) destes microrganismos também poderá ser semelhante.

Considerando a fração ativa de sólidos suspensos voláteis, e a taxa de utilização de substrato (correspondente à taxa de consumo de oxigênio), torna-se ainda mais provável que a taxa de crescimento das bactérias desnitrificantes também venha a ser semelhante ao crescimento das bactérias heterotróficas em ambiente aeróbio.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Para qualquer substrato, e até mesmo na ausência deste (respiração endógena), as taxas de consumo de oxigênio, obtidas em ambiente aeróbio, e as taxas de consumo de oxigênio equivalente, obtidas por testes em ambiente anóxico, apresentaram-se praticamente iguais.

Esses resultados indicam que a eficiência na remoção de material orgânico dos sistemas de lodo ativado Bardenpho e UCT é a mesma tanto sob condições anóxicas quanto aeróbias, o que favorecerá novos projetos bem mais otimizados para esses sistemas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CATUNDA, S. Y.C.; DEEP, G. S.; VAN HAANDEL, A. C.; FREIRE, R. C. S. (1996). Fast on-line measurement of the respiration rate in activated sludge systems. IEEE Instrumentation and measurement technology conference Bruxelas, Bélgica, Junho 4-6.
2. SILVA FILHO, E. B. (2003). Aplicação da respirometria na determinação da composição da matéria orgânica em águas residuárias. Dissertação de Mestrado. Campina Grande-PB: UFCG; 77 p.
3. SNOEYINK, V.L., E D. JENKINS, Water Chemistry, John Wiley & Sons (1980).
4. VAN HAANDEL, A. C. E MARAIS, G. O comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operações. Campina Grande - PB: Epgraf, 1999.
5. VAN HAANDEL, A. C. E VAN DER LUBBE, J. Handbook Biological Wastewater Treatment – 2007 design and optimization of activate sludge systems, 2007.