

II-507 - AVALIAÇÃO DO METABOLISMO DO MATERIAL NITROGENADO EM SISTEMAS AERÓBIOS POR MICRORGANISMOS CRESCIDO SUSPENSOS E IMOBILIZADOS

Marina Leitão Mendes Maia⁽¹⁾

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo IFCE – Campus Limoeiro do Norte

Joice Maciel dos Santos⁽²⁾

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo IFCE – Campus Limoeiro do Norte

Jarbas Rodrigues Chaves⁽³⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC). Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo IFCE – Campus Fortaleza. Técnico de Laboratório do IFCE – Campus Limoeiro do Norte.

Thaís da Silva Chaves⁽⁴⁾

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo IFCE – Campus Limoeiro do Norte

Amanda de Araújo Pessoa⁽⁵⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo IFCE – Campus Limoeiro do Norte

Endereço⁽¹⁾: Rua Francisco das Chagas Leitão, 1803 - Pitombeira - Ceará - CE - CEP: 62.930-000 - Brasil - Tel: (88) 99661-6711 - e-mail: marinaleitao1320.ml@gmail.com

RESUMO

O trabalho compôs a comparação entre um sistema de Lodo Ativado Convencional com um reator de Leito Móvel com Biofilme, os dois com operações similares e em escala laboratorial de bancada. Especificamente, para o sistema MBBR foi utilizado para imobilização dos microrganismos a espuma de poliuretano cortada em cubos de 5 mm³ e distribuídas em uma fração de 30% do reator. Desta forma, com as operações em regime de bateladas e apresentando períodos anóxicos e aeróbios em duas fases reacionais, foi possível remover matéria orgânica e nitrogênio podendo ainda ocorrer a nitrificação e a desnitrificação simultânea.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de efluentes, Reatores biológicos, Imobilização, Remoção de poluentes.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio é um elemento essencial para muitos seres vivos e encontra-se em proteínas, ácidos nucleicos e outras biomoléculas. Sua eliminação pelo ser humano acontece principalmente através da urina, na forma de ureia. Ele pode ser encontrado no meio natural em diferentes formas e estados de oxidação sendo as espécies mais comuns, e, portanto, as mais importantes para a engenharia sanitária, o nitrogênio orgânico, o nitrogênio amoniacal (NH₃/NH₄⁺), o nitrito (NO₂⁻) e o nitrato (NO₃⁻) (Jordão; Pessoa, 2005). As principais contribuições das formas nitrogenadas nos corpos d'água são o lançamento de esgoto doméstico e de efluentes industriais, sendo as fezes e urinas as principais formas de contribuição do esgoto doméstico. Segundo van Haandel e Marais (1999), em esgotos sanitários, a concentração de Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) nos esgotos domésticos ou municipais é da ordem de 40 a 60 mgN/L, sendo aproximadamente 75% de nitrogênio amoniacal e 25% de nitrogênio orgânico.

A remoção de nitrogênio de águas residuárias de origem municipal é necessária não somente porque em elevadas concentrações favorecem o crescimento excessivo de macrófitas aquáticas e algas, mas também porque as formas reduzidas de nitrogênio consomem oxigênio dissolvido do meio. Além disso, dependendo do pH do meio, pequenas concentrações de nitrogênio já podem apresentar efeitos deletérios à vida humana e aquática (BERNADES, 1996).

Com a evolução da legislação ambiental a exigência quanto aos padrões de lançamento tem aumentado, provocando a demanda de tecnologias mais eficientes, como exemplo, os sistemas de tratamento de lodo ativado. Esses sistemas quando operados em determinadas condições podem remover de forma eficiente os nutrientes, entre os quais o nitrogênio.

Atualmente a remoção biológica de nitrogênio em estações de tratamento de esgoto tem sido realizada pelo processo convencional em etapas sequenciais (nitrificação/desnitrificação), caracterizado pela necessidade de ambientes aeróbio/anóxico. Nesse processo, a nitrificação depende principalmente de bactérias autotróficas que necessitam de condições aeróbias e a desnitrificação é obtida por meio de bactérias heterotróficas facultativas que requerem um ambiente anóxico, assim como, da presença de um doador de elétrons (matéria orgânica). Neste contexto, o trabalho em questão teve como objetivo avaliar o desempenho de dois sistemas de lodo ativado em escala laboratorial quanto ao metabolismo e a remoção de material nitrogenado, através de campanhas analíticas e testes de respirometria específicos à ênfase da pesquisa, comportando um sistema com biomassa imobilizada por partículas confeccionadas com espuma de poliuretano e outro sistema com biomassa dispersa.

Os sistemas de lodo ativado podem ser operados com a biomassa suspensa ou fixa, este último, denominado por reatores com biofilme e leito móvel (MBBR). Apesar dos sistemas aeróbios operarem preferencialmente com a biomassa em suspensão, os reatores com biofilme e leito móvel, mostra-se como uma tecnologia simples e eficiente no tratamento de águas residuárias, adequando-se a nitrificação e desnitrificação simultânea, podendo apresentar inúmeras vantagens quando comparado ao lodo floculento, incluindo a economia de energia para aeração, a eliminação da necessidade da criação de zonas aeróbias/anóxicas separadas e requisitos reduzidos de alcalinidade e de carbono (GONG et al.; 2012; SEIFI; 2012; FAZAEIPOOR; 2012).

MATERIAIS E MÉTODOS

Configuração e operação do sistema

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram construídos dois reatores em polipropileno, com um volume útil de 4 litros e com dimensões de 20 cm x 20 cm x 35 cm. Em um dos reatores, para a produção das biopartículas foi utilizado como meio de suporte espuma de poliuretano cortada em cubos de 5 mm³, preenchendo 30% do reator (RBS₁). O segundo reator denominado de RBS₂ foi operado com biomassa dispersa. A Tabela 1 apresenta as condições operacionais dos dois sistemas durante a pesquisa.

Tabela 1: Condições operacionais dos sistemas.

Parâmetros	Unidade	RBS ₁	RBS ₂
Volume de esgoto tratado	L	8,0	8,0
Número de ciclos	-	4,0	4,0
Idade de lodo	d	20	10
Vazão de descarte	L	0,4	0,2
TDH	h	6	6
Alimentação	h	0,5	0,5
Pré-D	h	1,5	1,5
Aeração	h	2,0	2,0
Pós-D	h	1,5	1,5
Sedimentação	h	0,25	0,25
Descarte	h	0,02	0,02

A Figura 1 apresenta o esquema de construção dos sistemas RBS₁ e RBS₂, além da imagem real dos sistemas em escala de laboratório.

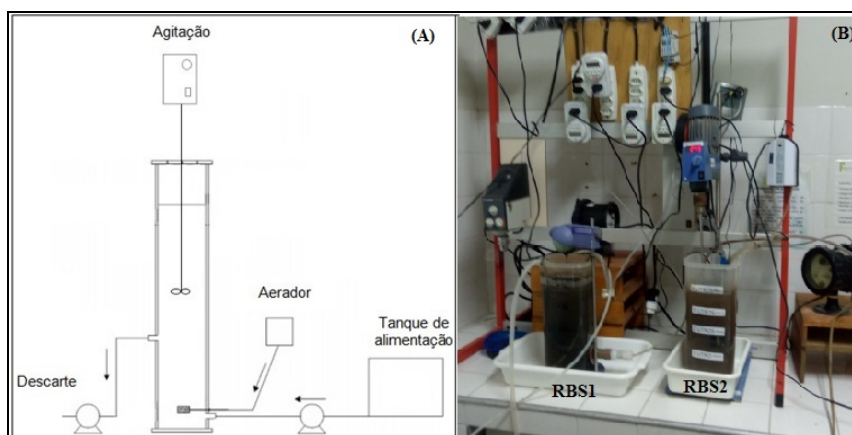


Figura 1: Esquema (A) e imagem dos reatores (B) com biomassa imobilizada (RBS₁) e dispersa (RBS₂).

ALIMENTAÇÃO DOS SISTEMAS

Para a alimentação dos sistemas foi utilizado o esgoto proveniente das atividades de uma instituição de ensino. A essa matriz foi adicionado 120 mg.L⁻¹ de DQO na forma de acetato de sódio, como também alcalinidade na concentração de 100 mg.L⁻¹ a partir de carbonato de sódio.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Para avaliar o desempenho dos sistemas foram realizadas análises físico-químicas de pH, alcalinidade, DQO, amônia, nitrito, nitrato, fósforo, conforme Standard Methods (APHA et al. 2012), com coletas de amostras do esgoto bruto e da saída dos reatores.

ENSAIOS RESPIROMÉTRICOS

Para determinar a presença e o metabolismo bacteriano nos reatores foram realizados testes respirométricos para a determinação da TCO em bateladas de 1 L de licor misto ou das biopartículas. Durante o ensaio era fornecido oxigênio a batelada de lodo através de um aerador controlado pelo respirômetro até que a referência superior de OD de 3,0 mg.L⁻¹ fosse alcançada; atingida essa concentração o software automaticamente encerrava a transferência de oxigênio sendo observada a diminuição da concentração de OD até que o limite inferior de 1,0 mg.L⁻¹ seja atingido (devido ao consumo pelas bactérias), e fosse reiniciada a aeração. Nesse momento sem aeração é que o software calcula a taxa de consumo de oxigênio armazenando os dados de TCO, OD e temperatura em planilhas eletrônicas.

ENSAIOS DE DESNITRIFICAÇÃO

Para avaliar a desnitrificação via nitrato nos sistemas em condições ótimas, foram feitos três testes, utilizando 1 litro do licor misto ou das biopartículas retirado dos reatores no final do ciclo operacional (fase endógena) e colocado em becker, em seguida submetido a uma agitação mínima e constante para garantir a suspensão homogênea dos sólidos.

Foi adicionado matéria orgânica (acetato de sódio) na concentração de 400 mg DQO.L⁻¹ e nitrato (100 mg N-NO₃.L⁻¹), retirados alíquotas a cada 20 minutos, sendo a primeira coleta no instante da adição dos compostos e submetidos imediatamente a centrifugação de 3500 rpm durante 3 minutos para separação e coleta do sobrenadante para a determinação da concentração e consumo de nitrato e DQO em cada tempo reacional. Com os resultados foi possível determinar a TCO equivalente de nitrato para cada sistema.

A fim de comparar a TCO equivalente de nitrato à TCO das bactérias heterotróficas, foi realizado teste respirométricos simultaneamente aos ensaios de desnitrificação.

AVALIAÇÃO DO PROCESSO SND NO RBS₁

Devido o processo de nitrificação e desnitrificação simultânea (SND) ser possível em sistemas com biofilme, foi avaliado a ocorrência do processo SND no sistema com biomassa imobilizada. Para isso após o início de um ciclo de tratamento no reator foram realizadas coletas de amostras a cada intervalo de 0,5 h durante as fases reacionais e determinadas às formas nitrogenadas de amônia, nitrito e nitrato.

Para calcular a eficiência da nitrificação e desnitrificação (SND) durante a fase aeróbia foi usado a seguinte equação:

$$Ef_{SND} = \frac{NH_4^+ \text{ oxidado} - NO_x^- \text{ acumulado}}{NH_4^+ \text{ oxidado}} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

RESULTADOS

Desempenho dos sistemas

Diante dos resultados analíticos de acompanhamento dos sistemas apresentados na Tabela 2, pode-se verificar a ocorrência da nitrificação em ambos os sistemas, com respectivamente 88,0% e 93,0% da amônia oxidada no RBS₁ e no RBS₂. Outro fator que pode evidenciar a nitrificação nos sistemas é o consumo da alcalinidade.

Verifica-se uma maior produção de nitrato no RBS₂ e no RBS₁ o acúmulo de nitrito, considerando as configurações dos sistemas, infere-se que os microrganismos aprisionados em meio suporte podem favorecer uma via mais curta para o processo de desnitrificação. Os resultados de fósforo total da entrada e saída demonstram que os sistemas não removeram o fósforo.

Tabela 2: Eficiência de remoção de poluentes do sistema:

Sistemas	Amostras	DQO mg.L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg.L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg.L ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg.L ⁻¹	Alcalinidade mg.L ⁻¹	pH -	PT mg.L ⁻¹
RBS ₁	Afluente	424,27	0,94	0,04	51,52	593,94	8,6	5,72
	Efluente	160,13	6,56	18,4	5,97	391,46	7,9	5,02
RBS ₂	Afluente	302,61	0,68	0,06	54,24	645,27	8,7	6,10
	Efluente	166,36	15,4	6,13	3,48	400,45	8,1	4,46

Nota: PT= Fósforo total

RESPIROMETRIA

Os diversos microrganismos existentes no licor misto são responsáveis pela remoção da matéria orgânica e nitrogênio. Nos sistemas de tratamento por lodos ativados, devido a maior disponibilidade de material orgânico no afluente de origem sanitária os microrganismos heterotróficos acabam sendo as espécies dominantes. Nessa pesquisa verificou-se para as condições operacionais (idade lodo elevada) e com baixa razão carbono/nitrogênio, uma menor TCO exógena para microrganismos heterotróficos quando submetido ao metabolismo do acetato (material orgânico) em relação ao crescimento das bactérias nitrificantes, evidenciando como espécies dominantes no sistema. Como apresentado na Figura 2, a TCO exógena máxima para o RBS₁ usando acetato e amônia respectivamente foi de 37,4 mg.L.h⁻¹ e 42,5 mg.L.h⁻¹ no 150º dia de operação e no RBS₂ respectivamente 33,2 mg.L.h⁻¹ e 50,8 mg.L.h⁻¹.

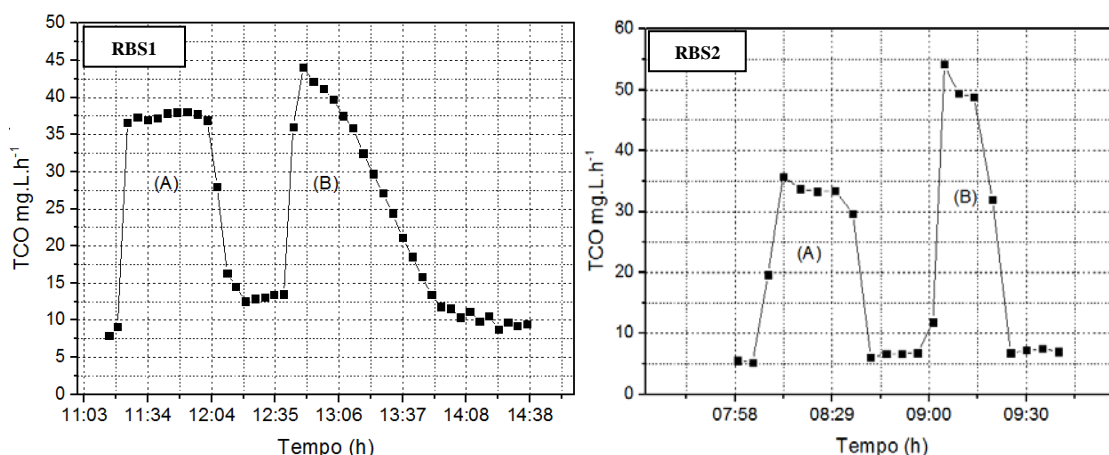


Figura 2 – Exemplo de respirogramas de TCOs gerados a parti da adição de acetato de sódio, representando material orgânico solúvel na concentração de 120 mg.DQO L⁻¹ (A) e amônia na concentração de 10 mgN-NH₃.L⁻¹ a partir de cloreto de amônio (B) nos sistemas RBS1 e RBS2.

DESNITRIFICAÇÃO VIA NITRATO

A Tabela 3 mostra os resultados da atividade desnitrificante via nitrato em condições ótimas para bateladas dos sistemas. Comparando à taxa de consumo de nitrato (TCN) e as TCO equivalentes de nitrato do RBS₁ em relação ao RBS₂ pode-se observar valores diferentes para cada sistema. Apesar da similaridade operacional os sistemas se diferenciam pela forma de crescimento e pela idade de lodo podendo esses fatores ter favorecido o crescimento de lodos distintos nos sistemas. Considerando os maiores valores estabelecidos em cada ensaio a atividade desnitrificante foi quase três vezes maior no RBS₁.

Tabela 3: Dados das taxas de TCO equivalentes de três testes de desnitrificação.

Sistema	TCO e TCO equivalente (mg/L/h)		
	TCO	TCN	TCO equivalente
RBS ₁	35,02	16,46	47,08
	55,86	59,1	169,02
	55,86	61,31	175,34
RBS ₂	40,01	22,2	63,51
	33,2	19,1	54,52
	44,13	19,74	56,46

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE NITRIFICAÇÃO E DESNITRIFICAÇÃO SIMULTÂNEA (SND) NO RBS₁

Conforme apresentado na Figura 3, durante a fase de fornecimento contínuo de OD o sistema apresentou uma elevada atividade nitrificante com 98,2% do nitrogênio amoniacal oxidado até o fim do período aeróbio.

Verifica-se ainda atividade desnitrificante no sistema durante a fase aeróbia, considerando a concentração de amônia oxidada e as formas de nitrito e nitrato acumulado no sistema, havendo uma remoção de 31,4% de nitrogênio no final da fase de aeração. Contudo percebe-se que após a interrupção no fornecimento de oxigênio, caracterizando o ambiente anóxico e favorável a desnitrificação os níveis de nitrato não diminuíram. Embora taxas maiores de desnitrificação tenham sido observadas em condições ótimas, nas condições de operação, houve acúmulo de nitrato (23,4 mg.L⁻¹). Pode ter influenciado na desnitrificação no sistema, à baixa disponibilidade de material orgânico extracelular no sistema ao fim da fase aeróbia.

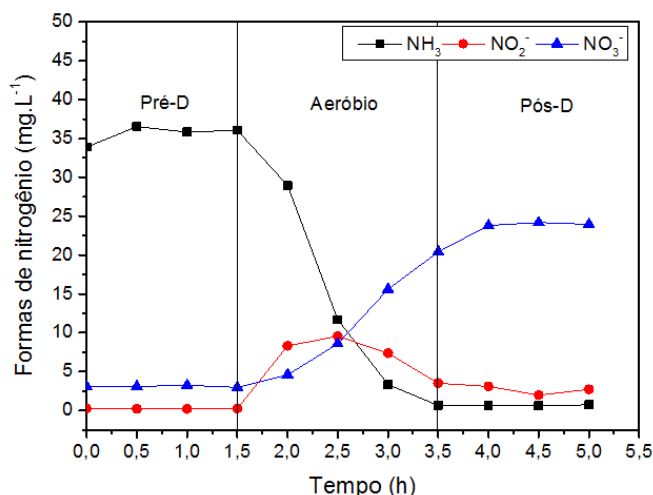


Figura 3 – Acompanhamento do metabolismo de material nitrogenado no RBS1

CONCLUSÕES

Para as condições operacionais ambos os sistemas desenvolveram a nitrificação com valores de remoção de amônia em torno de 90%. O sistema com biomassa aprisionada apresentou maior concentração de nitrito, produto intermediário da nitrificação, podendo o mesmo favorecer uma via mais curta para a desnitrificação.

A respirometria demonstrou que os sistemas operados com uma baixa razão DQO/N beneficiam o crescimento do lodo autotrófico nitrificante em relação às bactérias heterotróficas, com maiores valores de TCO referente ao metabolismo da amônia quando comparado ao do acetato de sódio.

Em relação à via SND no RBS₁, considerando o balanço de massa das formas de nitrogênio foi possível verificar o processo removendo 31,4% ao fim da fase aeróbia. Contudo foram desconsiderados possíveis processos adsorptivos do nitrato e também a incorporação pelo crescimento celular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GONG, L.; JUN, LI.; YANG, Q.; WANG, S.; MA, B.; PERNG, Y. Biomass characteristics and simultaneous nitrification–denitrification under long sludge retention time in an integrated reactor treating rural domestic sewage. *Bioresource Technology*, v. 119, p. 177-184, 2012.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 5ª ed. Rio de Janeiro. 2005.
- BERNADES, R. S. (1996). Modelling nutrient removal in a sequencing batch reactor with respirometry. 173 f. Ph.D. thesis – Wageningen Agricultural University, Netherlands.
- RUSTEN, B. et al. “Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors”. *Aquacultural Engineering*, v. 34, n. 3, p. 322–331, maio 2006.
- SEIFI, M.; FAZAELIPOOR, M. Modeling simultaneous nitrification and denitrification (SND) in a fluidized bed biofilm reactor, *Appl. Math. Model.*, v.36. p.5603–5613. 2012.
- VAN HAANDEL, A. C., MARAIS, G. v. R. (1999). O Comportamento do Sistema de Lodo Ativado: Teoria e Aplicações para Projetos e Operações. Campina Grande: epgraf, 472 p.