

II-418 - COMPARAÇÃO ENTRE AS TAXAS DE DESNITRIFICAÇÃO VIA NITRATO DE TRÊS DIFERENTES SISTEMAS DE LODO ATIVADO

Joice Maciel dos Santos ⁽¹⁾

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Limoeiro do Norte.

Jarbas Rodrigues Chaves ⁽²⁾

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.

Heraldo Antunes Silva Filho ⁽³⁾

Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo IFCE, Campus Fortaleza. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Professor do IFCE, Campus Limoeiro do Norte.

Elivânia Vasconcelos Moraes dos Santos ⁽⁴⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo IFCE, Campus Fortaleza. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Professora do IFCE, Campus Limoeiro do Norte.

Endereço⁽¹⁾: Rua Camilo Brasiliense, 1294 – José Simões -Limoeiro do Norte - CE - CEP: 62930-000 - Brasil - Tel.: (88) 9 9673-5544 - e-mail: joicelmaci@gmail.com

Endereço⁽²⁾: Rua Estevam Remígio 1145 - Limoeiro do Norte - CE - CEP: 62930-000 - Brasil - Tel.: (88) 3447-6413 - e-mail: jarbasrodrigues@ifce.edu.br

Endereço⁽³⁾: Rua Estevam Remígio 1145 - Limoeiro do Norte - CE - CEP: 62930-000 - Brasil - Tel.: (88) 3447-6413 - e-mail: heraldo@ifce.edu.br

Endereço⁽⁴⁾: Rua Estevam Remígio 1145 - Limoeiro do Norte - CE - CEP: 62930-000 - Brasil - Tel.: (88) 3447-6413 - e-mail: elivania@ifce.edu.br

RESUMO

Dentre as tecnologias para o tratamento de águas residuárias, os sistemas de lodo ativado se distinguem de outros sistemas de tratamento biológico por oferecerem a possibilidade de se remover os nutrientes nitrogênio e fósforo com requisitos mínimos de área e elevada eficiência tanto desses nutrientes quanto da matéria orgânica. Os reatores em bateladas sequenciais (RBS) consistem em uma configuração de lodo ativado muito utilizada por ter um grau de automatização que garante adequação desses processos. Entretanto, é importante destacar que cada biomassa gerada em sistemas RBS pode apresentar taxas máximas de desnitrificação diferentes, isso irá depender do tipo de bactérias oriundas dos esgotos e das condições ambientais predominantes. De modo geral, o processo de desnitrificação contribui para mitigar os problemas de eutrofização nos corpos receptores de efluentes e controle da eficiência das ETEs. Apesar de não ser ainda exigida de forma expressiva pela lei brasileira, a desnitrificação é absolutamente recomendável para todos os sistemas de lodo ativado, diante de suas vantagens econômicas e operacionais. Nesta pesquisa operou-se 3 sistemas RBS com remoção dos nutrientes nitrogênio e fósforo, sendo um deles do tipo MBBR. A partir deste estudo, observou-se que os sistemas operados apresentaram taxas de desnitrificação diferentes, isto devido ao tipo de biomassa e as configurações de cada reator, tendo o sistema com remoção de fósforo apresentado maior velocidade na remoção de matéria orgânica e nitrato o que contraria literaturas obsoletas que consideram que não haveria remoção de nitrogênio por bactérias poli-P.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia, Nutrientes, Biomassa, Taxas de desnitrificação, Vantagens econômicas.

INTRODUÇÃO

Os nutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P) devem ser removidos dos efluentes de modo a evitar o seu lançamento em quantidades apreciáveis nos corpos receptores (SANT'ANNA JR, 2010). O aporte excessivo desses nutrientes nos corpos hídricos promove o crescimento de algas, nas quais causam diversos problemas associados à qualidade da água, pois esses organismos podem provocar a liberação de toxinas para a coluna d'água. Desse modo, tais nutrientes aceleram o processo de eutrofização do sistema aquático, que causa alteração das propriedades da água e aumenta o acúmulo de lodo.

O sistema de lodo ativado é utilizado para o tratamento de efluentes sanitários e industriais principalmente quando o efluente possui alta carga poluidora e se deseja que haja uma elevada qualidade no efluente tratado (VON SPERLING, 2002). A remoção de nutrientes além de ter importante repercussão sobre a qualidade do efluente e, consequentemente, da água do corpo receptor, também influi fortemente sobre desempenho do sistema de tratamento.

De modo geral, o processo de desnitrificação contribui para mitigar os problemas de eutrofização nos corpos receptores de efluentes e controle da eficiência das ETES. Porém, como a desnitrificação se trata de um processo intrinsecamente biológico, não é possível a remoção de poluentes inorgânicos, ou seja, não biodegradáveis. A desnitrificação é um processo realizado por microrganismos heterotróficos facultativos, sendo um processo comumente precedido pela nitrificação que é realizada por microrganismos autótrofos aeróbios. Apesar de não ser ainda exigida de forma expressiva pela legislação brasileira, a desnitrificação é recomendável para todos os sistemas de lodo ativado, sobretudo para aqueles com remoção de nitrogênio, diante de suas vantagens econômicas e operacionais (SANTOS, 2009).

Dos estudos realizados em laboratório, conclui-se que a taxa máxima de desnitrificação está diretamente relacionada ao tipo de biomassa cultivada e as condições ambientais e operações do sistema. Um sistema quando operado em condições ótimas resulta numa melhor eficiência de tratamento, assim como também o grupo de bactérias cultivadas devem ser específicas para a realização de tal processo. O uso de um leito móvel com biofilme apresenta-se como uma tecnologia relativamente nova. O sistema MBBR proporciona o crescimento da biomassa em suspensão e de biomassa aderida, proporcionando o aumento da população de microrganismos atuantes na depuração do efluente, permitindo tratar maiores cargas de matéria orgânica e compostos nitrogenados quando comparado ao sistema de lodo ativado convencional.

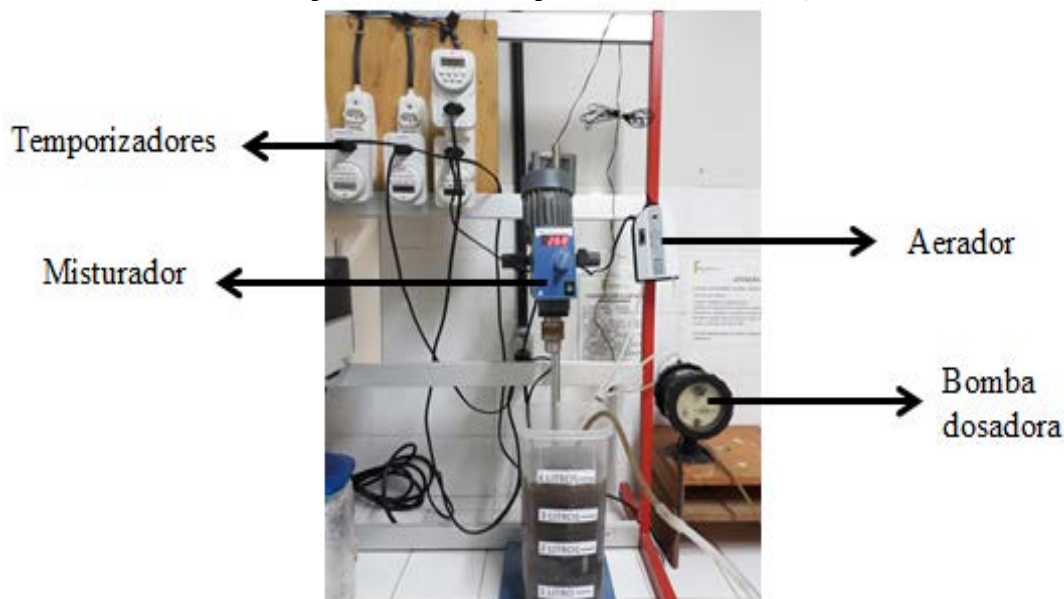
Nessa pesquisa objetivou-se estudar três biomassas desnitrificantes geradas em diferentes sistemas RBS, no intuito de determinar em qual configuração a taxa de desnitrificação é favorecida e analisar fatores intervenientes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram operados três reatores do tipo Bateladas Sequenciais (RBS). Cada RBS foi programado de acordo com os objetivos a serem alcançados (Figura 1), sendo:

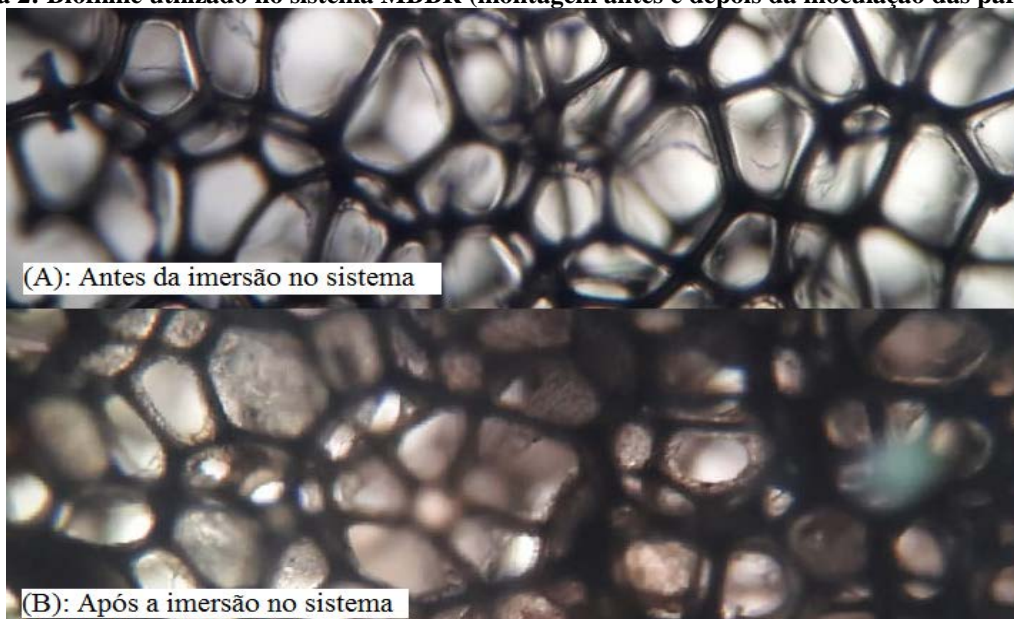
- (R1) o RBS nitrificante de biomassa suspensa;
- (R2) o RBS de Leito Móvel com Biofilme, da sigla em inglês *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), em que foi utilizada para imobilização dos microrganismos a espuma de poliuretano cortada em cubos de 5 mm e distribuídas em uma fração de 30% do reator (Figura 2), receberam a mesma configuração de R1 no intuito de promover a nitrificação, diferenciando apenas na presença de meio suporte, e;
- (R3), o RBS poli-P, foi configurado para remover o fósforo total e suas frações.

Figura 1: Principais componentes do sistema RBS nitrificante de biomassa suspensa (mesmos componentes utilizados para os demais sistemas).



Fonte: Autor, 2018.

Figura 2: Biofilme utilizado no sistema MBBR (montagem antes e depois da inoculação das partículas)



Fonte: Autor, 2018.

Os sistemas foram alimentados com o esgoto produzido em uma instituição de ensino, que se caracteriza como esgoto doméstico e que possui uma concentração relativamente baixa de matéria orgânica, sendo assim, necessária a adição de substrato orgânico solúvel (acetato de sódio) na concentração de 120 mg/L^{-1} de DQO.

Foi adicionada alcalinidade na forma de carbonado de sódio na concentração de $100 \text{ mgNa}_2\text{CO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$, no RBS nitrificante de biomassa suspensa e MBBR, para garantir alcalinidade suficiente para o processo de nitrificação. Desse modo a água residuária utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa, se caracteriza como esgoto sintético. Na Tabela 1 estão elencadas as etapas de reação dos ciclos de cada RBS e alguns dados operacionais.

Tabela 1: Dados referentes às configurações dos sistemas

RBS	Ciclos	TDH (h)	Reação	Troca volumétrica (L/d)	Idade de lodo (dias)
Nitrificante de biomassa suspensa e de leito móvel (MBBR)	4	6	Anóxico Pré-D	2	10
			Aeração		
			Anóxico pós-D		
Poli-P	4	6	Anaeróbio Aeróbio	2	8

Os testes de desnitrificação visaram à determinação da taxa de consumo de nitrato e de oxigênio equivalente de nitrato dos lodos dos sistemas, realizados a partir de uma alíquota de 1 litro coletado do licor misto de cada reator e submetido à condições ambientais otimizadas (400 mg.L^{-1} de DQO na forma de acetato de sódio e 100 mg.L^{-1} de nitrato), sendo coletada uma alíquota de 50 mL a cada 20 minutos (eram coletadas no mínimo 9 alíquotas para determinação das taxas), submetendo-as a uma filtração rápida com consequente separação líquido/sólido de modo a interromper as reações bioquímicas que ali ocorriam. Após a filtração das alíquotas, foram realizadas as análises de nitrato e DQO utilizando respectivamente o método espectrofotométrico de absorção molecular pela técnica do salicilato de sódio (RODIER, 1974) e o método da refluxação fechada (Standard Methods), assim como as demais análises de eficiência que foram também realizadas de acordo com o Standard Methods (APHA et al., 2012).

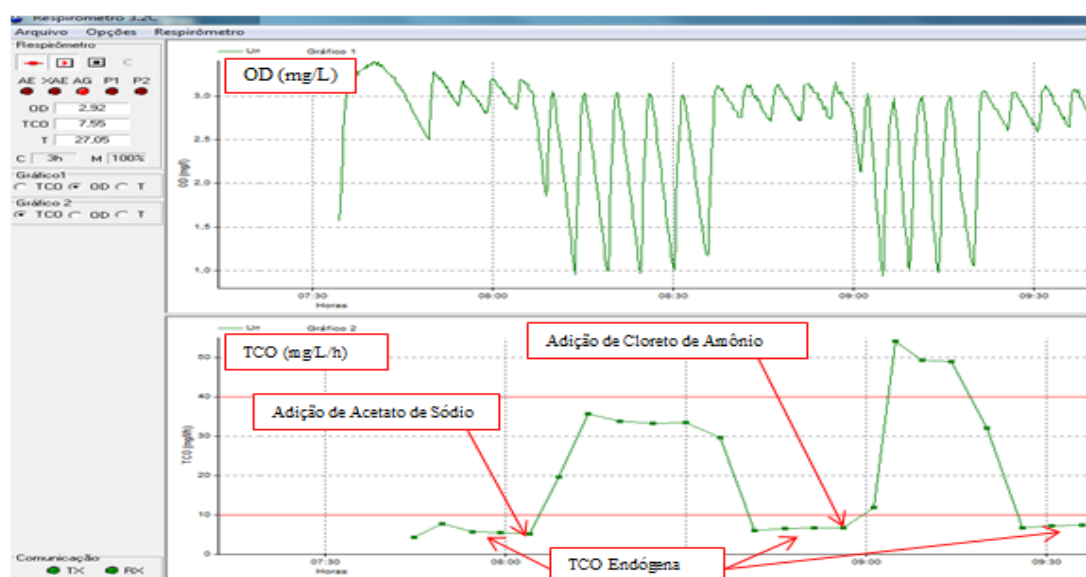
Para determinação das taxas de consumo de oxigênio, TCO (que foram comparadas às obtidas em nitrato e equivalentes de nitrato), usou-se respirômetro modelo Beluga acoplado a um aerador e um agitador ligados a um computador e controlados através do software S4.OC. Determinava-se então a TCO em função do tempo, inicialmente a TCO era alta e constante (TCO máxima e exógena), correspondente à taxa máxima de remoção aeróbia de matéria orgânica, e finalmente, respiração endógena. A TCO permanecia alta até que fosse concluído o consumo do substrato, observando-se então a repentina diminuição, até que se obtivesse o valor que existia antes da adição, ou seja, voltava para TCO endógena.

RESULTADOS OBTIDOS

ENSAIOS RESPIROMÉTRICOS

A respirometria é uma ferramenta que, em geral, possibilita a medição da taxa máxima de consumo de oxigênio (TCO) exercida pelos microrganismos aeróbios. Para mensurar a atividade metabólica de bactérias autotróficas e heterotróficas aeróbias presentes no sistema nitrificante de biomassa suspensa, foram realizados testes respirométricos com adição de substratos específicos (cloreto de amônio, acetato e nitrito de sódio). No teste respirométrico da Figura 3, mostra-se a presença de bactérias autótrofas no sistema nitrificante de biomassa suspensa bem como a reação para o acetato de sódio (em menor destaque) indicando também a presença de bactérias heterotróficas. Testes similares foram realizados para todos os reatores operados.

Figura 3: Perfil da TCO e do OD após adição de substrato nitrogenado em uma amostra do licor misto para determinar presença de grupos microbianos no sistema nitrificante de biomassa suspensa (R1).



Fonte: Autor, 2018

DESEMPENHO DOS SISTEMAS

Na Tabela 2 são apresentadas as eficiências de remoção de fósforo, DQO, nitrogênio e alguns dados de alcalinidade e pH.

Tabela 2: Eficiência na remoção de poluentes do esgoto fonte dos sistemas

SISTEMAS	AMOSTRA	DQO mg.L ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg.L ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg.L ⁻¹	NH ₃ mg.L ⁻¹	ALC mg.L ⁻¹	pH -	PT mg.L ⁻¹	PO ₄ ²⁻ mg.L ⁻¹
Nitrificante de biomassa suspensa	AFLUENTE	303	0,68	0,06	54,2	645	8,7	6,1	4,5
	EFLUENTE	166	15,40	6,13	3,5	400	8,1	4,5	4,6
MBBR	AFLUENTE	424	0,94	0,04	51,52	593,9	8,6	5,7	4,6
	EFLUENTE	160	6,56	18,4	5,97	391,5	7,9	5,0	4,03
POLI-P	AFLUENTE	629,4	1,07	0,06	-	826,4	8,2	9,2	5,6
	EFLUENTE	112	3,03	28	-	628,8	8,2	4,5	3,6

MBBR: reator de leito móvel com biofilme; DQO: demanda química de oxigênio; ALC: alcalinidade total; PT: fósforo total

De acordo com as médias dos resultados de eficiência na remoção de poluente no esgoto fonte de alimentação dos sistemas, pode-se perceber que o objetivo de promover a nitrificação e desnitrificação nos sistemas nitrificante de biomassa suspensa (R1) e imobilizada (R2) foi alcançado, pois foi perceptível a ocorrência desse processo diante do consumo e o retorno da metade da alcalinidade total, e a conversão da amônia a nitrato e nitrito, além da ocorrência da depuração da matéria orgânica no meio reacional. Entretanto, salienta-se que não houve desnitrificação completa, deixando algum remanescente de nitrato e nitrito no efluente desses dois sistemas (R1 e R2).

Os parâmetros fósforo total e ortofosfato servem para provar que estes sistemas não foram configurados para remover fósforo e suas frações e sugere-se que alguma remoção ocorrida tenha sido proveniente de diluições devido à troca volumétrica ou condições pontuais de anaerobiose no momento pré-D. O sistema poli- P, não foi configurado para nitrificar e desnitrificar, sendo então configurado para remover o fósforo total e suas frações,

no qual mostra 48,8% de remoção de fósforo e 64,8% de remoção de ortofosfato, além de apresentar a ocorrência da depuração da matéria orgânica, porém devido à algumas condições favoráveis, por vezes, o mesmo acumulava nitrato e nitrito.

DESNITRIFICAÇÃO POR DIFERENTES BIOMASSAS

Na Tabela 3 apresentam-se os dados de taxas de consumo de oxigênio, de nitrogênio e oxigênio equivalente, respectivamente, TCO, TCN e TCOeq, dados em mg/L/h.

Tabela 3: TCO, TCN e TCO equivalente, em mg/L/h, dos testes de desnitrificação

SISTEMA	TCO	TCN	TCO equivalente
Nitrificante (R1)	40,0	22,2	63,5
	33,2	19,1	54,5
	44,1	19,7	56,5
	35,0	16,5	47,1
MBBR (R2)	55,9	59,1	169
	55,9	61,3	175,3
	108,6	26,5	75,9
Poli-P (R3)	162,6	82,3	235,3
	162,6	58,7	167,9

TCO: taxa de consumo de oxigênio; TCN: taxa de consumo de nitrato.

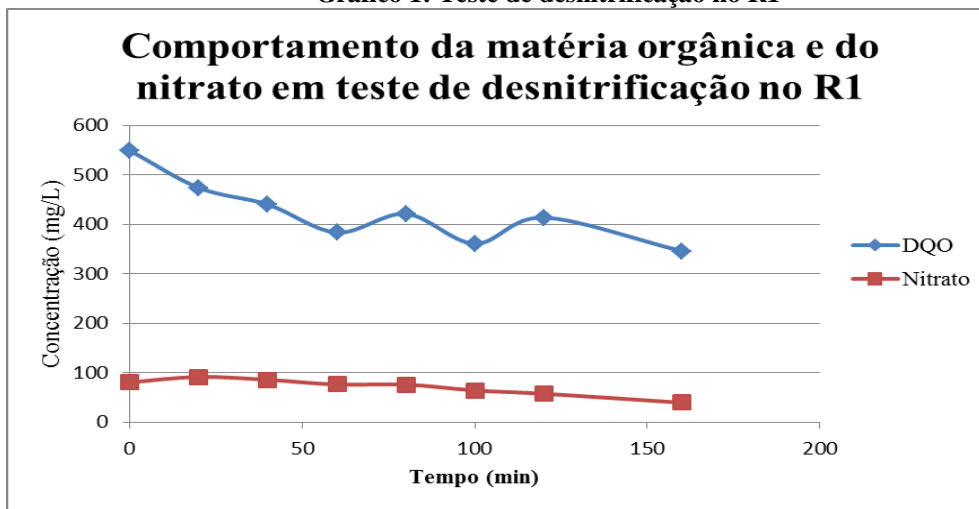
Diante da realização dos testes de desnitrificação em que o lodo de cada sistema foi submetido às condições ótimas para a desnitrificação (disponibilidade de nitrato e matéria orgânica solúvel) foi possível concluir que o sistema que apresentou uma melhor taxa máxima de desnitrificação por se tratar de um lodo heterotrófico, foi o RBS de lodo poli-P, no qual confirma o que diz literaturas mais recentes, que a desnitrificação é realizada por bactérias heterotróficas facultativas e que as removedoras de fósforo apresentam destaque (SANTOS, 2014). Ressalta-se que o lodo poli-P foi operado em condições de anaerobiose e aerobiose alternadas e que não favoreceu durante a sua operação a desnitrificação, por isso, o potencial do lodo foi testado em experimentos de bancada externos ao sistema.

É importante, contudo considerar que os sistemas nitrificantes de biomassa suspensa e imobilizada, por se tratar apenas do consórcio entre lodo ordinário heterotrófico desnitrificante juntamente com um lodo autótrofo aeróbio, apresentaram taxas de desnitrificação também consideráveis. O que os qualifica para aplicação em sistemas para esse fim.

ANÁLISE DE TAIS RESULTADOS

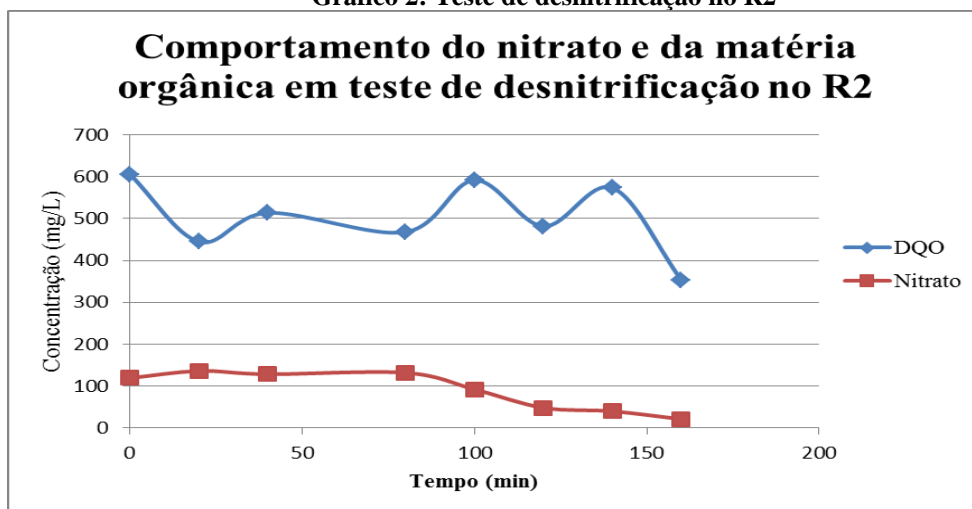
Nos Gráficos 1, 2 e 3 mostra-se o comportamento da fonte nitrogenada e da carga orgânica no decorrer do teste de desnitrificação em cada RBS, demonstrando que a DQO não foi um fator limitante do processo.

Gráfico 1: Teste de desnitrificação no R1



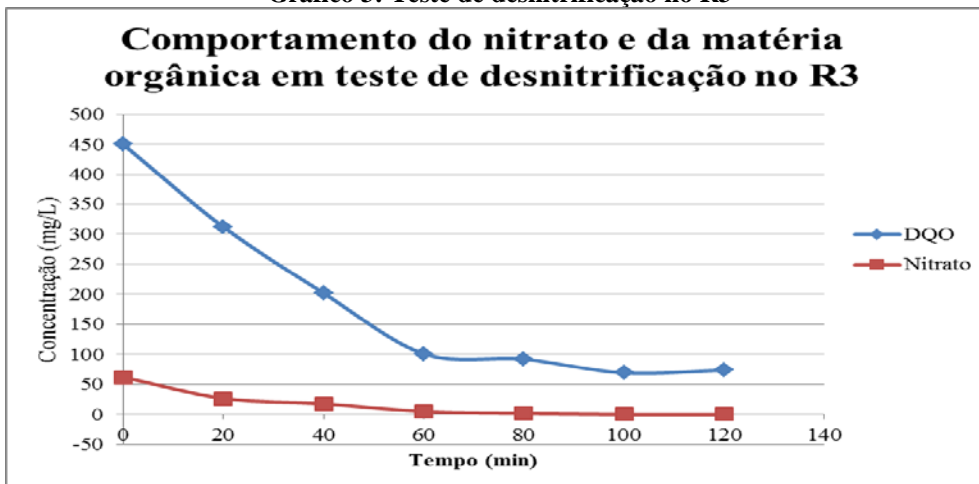
Fonte: Autor, 2018.

Gráfico 2: Teste de desnitrificação no R2



Fonte: Autor, 2018.

Gráfico 3: Teste de desnitrificação no R3



Fonte: Autor, 2018

CONCLUSÕES

Diante da realização desses estudos foi possível afirmar que pode haver taxas de desnitrificação para diferentes tipos de lodos, na qual essas taxas podem ser ou não relativamente ótimas, visto que diferentes biomassas geram taxas de desnitrificação diferentes dependendo das condições de operação. Com isso, a hipótese desta pesquisa foi avaliar o processo de desnitrificação via nitrato em sistemas RBS (sistema nitrificante de biomassa suspensa, sistema de biomassa imobilizada- MBBR e sistema poli-P), determinando a taxa de desnitrificação máxima de cada um, de forma que fosse possível alguma comparação entre elas.

Considerando os valores máximos de TCO equivalente de nitrato de cada sistema, pode-se afirmar que, o sistema poli-P mostrou uma maior capacidade de desnitrificação, sendo aproximadamente quatro vezes maior em relação ao sistema nitrificante de biomassa suspensa e duas vezes maior que o sistema nitrificante de biomassa imobilizada. Já o sistema MBBR mostrou ter taxa máxima de desnitrificação aproximadamente três vezes superior ao sistema nitrificante de biomassa suspensa. Os resultados dos ensaios de desnitrificação dependem das condições operacionais de cada sistema, no qual o R1 e R2 foram operados para o favorecimento do crescimento de microrganismos autotróficos e desnitrificantes, enquanto que o R3 para o aparecimento de organismos heterotróficos capazes de realizar a remoção de fósforo bem como a desnitrificação, indicando presença de organismos facultativos aos dois processos.

Pode-se concluir também que o tipo de biofilme utilizado no sistema MBBR é recomendado, pois o mesmo mostrou ter ótima eficiência no tratamento biológico de efluentes para remoção das diferentes formas nitrogenadas e cargas orgânicas, porém deve ser levado em consideração que alguns fatores ambientais devem ser controlados com mais atenção, como o oxigênio dissolvido. A introdução do oxigênio dissolvido no interior do reator deve atender às necessidades metabólicas da população de microrganismos presentes, bem como promover a completa mistura do conteúdo do tanque.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC, 22th Ed. 2012.
2. RODIER, J. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. Volume 1, 5ed. Dunod (Ed.) Paris. 1975. 692 p. (em francês).
3. SANT'ANNA JR, G. Tratamento Biológico de Efluentes: Fundamentos e Aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.
4. SANTOS, E. V. M. Desnitrificação em sistema de lodo ativado. Universidade Federal de Campina Grande, 2009.
5. SANTOS, E. V. M. Estratégias para predominância de organismos acumuladores de fósforo em sistemas de lodo ativado e respirometria aplicada à biodesfosfatação. Tese de Doutorado. Campina Grande-PB: UEPB, 2014. 268 p.
6. VAN HAANDEL, A. C., MARAIS, G. R. O Comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operações. Campina Grande: Epgraf, 1999. 472 p.
7. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol 4. Lodos Ativados. 2.ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2002.