

## **II-1574 - NITRIFICAÇÃO PARCIAL/ANAMMOX PARA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO DE EFLUENTE ANAERÓBIO DOMÉSTICO: EFEITOS DA TEMPERATURA E ESTRATÉGIAS DE AERAÇÃO INTERMITENTE**

### **Brenda Gonçalves Piteira Carvalho<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre e doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

### **Luyara de Almeida Fernandes<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário do Leste de Minas Gerais. Mestre e doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

### **Daniel de Abreu Henriques<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Civil pela UFMG.

### **Renato Pereira Ribeiro<sup>(2)</sup>**

Químico pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Mestre e doutor em Geociências (Geoquímica) pela UFF. Professor/pesquisador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ) e supervisor do Centro Experimental de Monitoramento e Mitigação Ambiental (CEMMA)

### **Juliana Calabria de Araújo<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestre e doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professora/pesquisadora da UFMG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Antônio Carlos, 6627 – UFMG Campus Pampulha – Belo Horizonte – MG – CEP 31.270-901 – Brasil – Tel (31) 3409-3624 – e-mail: [brendapiteira@gmail.com](mailto:brendapiteira@gmail.com); [luyarafernandes@hotmail.com](mailto:luyarafernandes@hotmail.com); [danielabreu@gmail.com](mailto:danielabreu@gmail.com) e [juliana@desa.ufmg.br](mailto:juliana@desa.ufmg.br). <sup>(2)</sup>: Rua Pereira de Almeida, 88 - Praça da Bandeira - Rio de Janeiro – RJ - CEP:20260-100 – Brasil – Tel (21) 3293-6000 – e-mail: [renato.pereira@edu.ifrj.br](mailto:renato.pereira@edu.ifrj.br).

## **RESUMO**

A combinação da digestão anaeróbia e da NP/A pode tornar ETes energeticamente autossuficientes. No entanto, a aplicação da NP/A tem sido um desafio em águas residuárias contendo baixas concentrações de nitrogênio; além do mais, sua aplicação em efluentes anaeróbios domésticos, bem como as estratégias de aeração e investigação do processo sob temperatura ambiente são pouco explorados. Este estudo, que teve duração de 729 dias, investigou a PN/A em RBS, tratando efluente anaeróbio doméstico. Após a partida do sistema, o RBS foi alimentado com efluente real sob 35°C e sob temperatura ambiente sem diminuição na remoção de nitrogênio (71 e 75%, respectivamente). As remoções medianas de  $N-NH_4^+$  e NT sob aeração de 7 min on/14 min off foram de 66 e 59%, respectivamente, com efluente em acordo com a legislação de lançamento de efluentes brasileira. Estes resultados mostram que é possível estabelecer a NP/A como pós-tratamento de efluentes anaeróbios domésticos sob temperatura ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nitrificação Parcial; Anammox; Aeração Intermitente ; Temperatura Ambiente; Efluente Anaeróbio Doméstico.

## **INTRODUÇÃO**

Rockström et al. (2009) observaram as interferências e mudanças no ciclo do nitrogênio é um processo que já excederam seus limites e compromete significativamente os principais componentes de funcionamento do ambiente terrestre. Este cenário torna urgente o adequado gerenciamento do nitrogênio, afim de mitigar estes impactos ambientais. No âmbito do tratamento de águas residuárias, a digestão anaeróbia tem sido uma alternativa promissora em regiões de clima quente e tem ganhado destaque no em regiões tropicais e subtropicais devido à condição climática favorável, menor demanda energética e potencial de geração de

energia (SOUZA et al., 2018; STAZI; TOMEI, 2018). No entanto, faz-se necessário a inclusão de pós-tratamento para remoção de nitrogênio.

As técnicas clássicas para a remoção de nitrogênio (com nitrificação total e desnitrificação heterotrófica), além de excessivamente energéticas, demandam desvio de matéria orgânica para garantir a remoção de nitrogênio, reduzindo, dessa forma, a geração de biogás e, consequentemente, a recuperação energética (LAURENI et al., 2015). A nitrificação parcial/anammox (NP/A) é um processo robusto e energeticamente eficiente para a remoção de nitrogênio de águas residuárias (AL-HAZMI et al., 2021), no qual o íon amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) é parcialmente oxidado a nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ) sob aeração para que, em seguida, a reação anammox ocorra, com conversão destes dois compostos nitrogenados em  $\text{N}_2$  (CASTRO-BARROS et al., 2015).

A introdução do processo de NP/A como pós-tratamento de efluentes domésticos permite a separação da remoção de carbono e de nitrogênio e maximiza a recuperação energética através do pré-tratamento anaeróbio de matéria orgânica para a geração de biogás (CAO et al., 2017). O processo de NP/A para a remoção de nitrogênio de efluentes domésticos tem sido aplicada com sucesso (JUAN-DÍAZ et al., 2021; LAURENI et al., 2016; MA et al., 2015a; MIAO et al., 2016). No entanto, sua aplicação tem tido o foco em efluentes aeróbios domésticos e a aplicação em efluentes anaeróbios domésticos tem sido pouco investigada. Além disso, o equilíbrio entre as vazões de ar aplicadas e períodos de aeração/não aeração não estão totalmente exploradas.

Dessa forma, os objetivos do presente trabalho são: avaliar o processo anammox para remoção de nitrogênio de efluente doméstico anaeróbio sob temperatura controlada e sob temperatura ambiente e investigar estratégias de aeração com diferentes períodos de aeração (1, 5 e 7 min) e a influência da vazão de ar aplicada. Este estudo auxilia em melhor compreensão da PN/A em efluentes domésticos, especialmente anaeróbios, bem como na interferência da temperatura ambiente e efeitos das estratégias de aeração.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O reator de mistura completa, modelo New Brunswick™ Bioflo®/CelliGen® 115, utilizado neste trabalho foi programado para operação em bateladas sequenciais (RBS). Este reator possui volume de trabalho de 2 a 2,3 L e dispõe de sondas para medição de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH e oxigênio dissolvido (%). Este sistema foi mantido sob agitação controlada de 50 rpm. Para as fases de aeração, foi adicionado ao reator um sistema de aeração com compressor de ar conectado a mangueira de silicone e pedra porosa para geração de microbolhas. O tempo de detenção hidráulica deste sistema foi de 16 a 48h.

O RBS foi inoculado com 12L de lodos ativados proveniente da linha de recirculação de ETE Arrudas, operada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). O lodo foi centrifugado a 12000 rpm por 20 min e adicionado no reator. A concentração de sólidos no lodo centrifugado foi de 76.5 gSSV/L. Para bioaugmentação de bactérias anammox, o RBS foi alimentado com meio de cultura autótrofo contendo substratos e micronutrientes para bactérias anammox (DAPENA-MORA et al., 2004).

Após alimentação com o efluente sintético, foi utilizado efluente anaeróbio doméstico proveniente de um reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB) localizado no Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento (CePTS), situado nas dependências da Estação de Tratamento de Esgotos da Bacia do Ribeirão Arrudas (ETE Arrudas), em Belo Horizonte, Minas Gerais. O reator UASB recebe parte da vazão de efluente doméstico bruto encaminhado a ETE Arrudas, após as etapas de tratamento preliminar contendo grade grossa de limpeza manual, grade fina mecanizada e desarenador.

As fases operacionais incluíram: fase 1 (alimentação com meio de cultura autotrófico para bioaugmentação de bactérias anammox); fase 2 e 3 (alimentação com efluente anaeróbio doméstico suplementado com nitrito, sob  $35^{\circ}\text{C}$  e temperatura ambiente – média de  $26^{\circ}\text{C}$  -, respectivamente); fases 4, 5 e 7 (alimentação com efluente anaeróbio doméstico e aeração intermitente para NP/A, sob condições de aeração/não aeração de 1 min/14 min, 5 min/14 min e 7 min/14 min, respectivamente) e fases 6.1 e 6.2 (com suplementação de biomassa com atividade anammox para recuperação de remoção de nitrogênio e alimentação com meio autotrófico e efluente anaeróbio doméstico e nitrito, respectivamente).

O monitoramento do sistema conta com amostragem simples do afluente e efluente dos sistemas e será ao longo de todo o período de operação dos mesmos. Foi prevista análise de variáveis físico-químicas, incluindo:

temperatura (°C), pH, OD (mg/L), alcalinidade total (AT) (mgCaCO<sub>3</sub>/L), demanda química de oxigênio (DQO) (mg/L), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (mg/L), e série nitrogenada (nitrogênio total, orgânico, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (mg/L). Estas análises foram realizadas de acordo com procedimentos padronizados (APHA, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partida do RBS foi feita utilizando lodos ativados como inóculo e os primeiros 300 dias de operação consistiram em alimentação com meio de cultura autotrófico para a bioaumentação de bactérias, conforme descrito anteriormente (Dapena-Mora et al., 2004; van de Graaf et al., 1996). A remoção dos compostos nitrogenados nesta fase foi instável (**Error! Reference source not found.**5), provavelmente devido à atípica operação (com longos e flutuantes TDHs) do sistema, devido às restrições em virtude da pandemia de Covid-19. Contudo, carga mediana de nitrogênio total removido foi de 116 mg/L.d foi obtida nesta fase. Este valor é próximo a carga de nitrogênio total removido observado por Pereira et al. (2019) em RBS inoculado com lodos ativados (mediana de 82 mg/L.d em 300 dias de operação com meio de cultura autotrófico para bioaumentação de biomassa anammox). A mediana da taxa  $N-NO_3^- \text{ consumido} / N-NH_4^+ \text{ consumido}$  (0,60) foi maior do que a taxa teórica da reação anammox (0,26) (STROUS et al., 1998), o que também é reportado sobre sistemas anammox inoculados com lodos ativados, mesmo quando alimentados com meio de cultura autotrófico (Fernandes et al., 2018; Leal et al., 2016; Pereira et al., 2019), devido à presença de bactérias oxidadoras de amônio e de nitrito (BOA e BOM, respectivamente).

As principais características do efluente anaeróbico doméstico proveniente de reator UASB são apresentadas na Tabela 1. O composto nitrogenado predominante é o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mediana de 38,1 mg/L), seguido de uma porção de nitrogênio orgânico (mediana de NTK de 43 mg/L). A matéria orgânica também é presente (mediana de DQO e DBO de 91,3 e 42,4 mg/L, respectivamente), resultando em mediana de taxa C/N de 1,40 e mediana de DQO/DBO de 2,6).

**Tabela 1- Principais características do efluente de reator UASB tratando efluente doméstico utilizado nesta pesquisa**

| Variável                                                                  | n   | Mediana | Média aritmética | C.V. |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|---------|------------------|------|
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)                                     | 135 | 38,1    | 37,5             | 0,20 |
| NTK (mg/L)                                                                | 130 | 43,0    | 43,3             | 0,22 |
| N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)                                     | 21  | 0,24    | 0,37             | 1,19 |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)                                     | 21  | 0,58    | 0,72             | 0,92 |
| AT (mgCaCO <sub>3</sub> /L)                                               | 101 | 218,9   | 224,0            | 0,18 |
| COD <sub>total</sub> (mg/L)                                               | 93  | 91,3    | 108,9            | 0,67 |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                                                   | 78  | 42,4    | 45,6             | 0,49 |
| DQO/DBO                                                                   | 74  | 2,6     | 2,7              | 0,58 |
| DBO/NT                                                                    | 66  | 0,68    | 0,75             | 0,56 |
| TA <sub>efluente</sub> /N-NH <sub>4</sub> <sup>+<sub>efluente</sub></sup> | 93  | 5,89    | 6,23             | 0,30 |

n: número de amostras e C.V.: coeficiente de variação (desvio padrão/média aritmética)

Após o período para bioaumentação de bactérias anammox, o RBS foi alimentado com efluente anaeróbico doméstico suplementado com nitrito (com proporção de 1 N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/1,5 N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) para a reação anammox (fases 2 e 3). Na fase 2, a temperatura foi mantida a 35°C, como na fase anterior. As eficiências medianas de remoção de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e de NT foram de 74 e 71%, respectivamente (Tabela 2).

A fase 4 foi conduzida sob temperatura ambiente e foi a primeira sob aeração intermitente para estabelecer a NP/A (1 min on/14 min off), com eficiências medianas de remoção de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e de NT (22 e 18%, respectivamente). Na fase 5, o período aerado aumentou de 1 para 5 min. No entanto, as eficiências medianas de remoção de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e de NT não aumentaram o suficiente em relação à fase anterior (30 e 26%, respectivamente).

A fase 6 consistiu em recuperação do sistema com suplementação de biomassa com atividade anammox (5g). Durante 15 dias, o RBS foi alimentado com meio de cultura autotrófico (fase 6.1), resultando em remoção

mediana de NT de 96%. Após, o RBS foi alimentado com efluente anaeróbico doméstico com suplementação de  $\text{N-NO}_2^-$  (fase 6.2), com remoção mediana de NT de 89%.

Finalmente, na fase 7, as remoções medianas de  $\text{N-NH}_4^+$  e NT de 68 e 59%, respectivamente, devido à nova estratégia de aeração (7 min on/14 min off) e o efluente (concentrações medianas de  $\text{N-NH}_4^+$  e DBO de 12,3 e 31,4mg/L, respectivamente) estava de acordo com os limites de lançamento de 20 e 120 mg/L, respectivamente (BRASIL, 2011).

**Tabela 2 – Mediana e coeficiente de variação (C.V.) das eficiências de remoção de  $\text{N-NH}_4^+$ , NT, AT e DBO (%), taxas de  $\text{N-NO}_3^-$  produzido/ $\text{N-NH}_4^+$  consumido e  $\text{AT}_{\text{consumido}}/\text{N-NH}_4^+$  consumido e concentrações efluentes de  $\text{N-NH}_4^+$ , NT, AT, DBO,  $\text{N-NO}_2^-$  e  $\text{N-NO}_3^-$  nas fases de 1 a 7.**

| Eficiências de remoção (%) |                                |         |      |    |         |      |    |         |        |     |         | Taxas  |                                                                                       |         |        |                                                           |         |       |
|----------------------------|--------------------------------|---------|------|----|---------|------|----|---------|--------|-----|---------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-----------------------------------------------------------|---------|-------|
| Fases                      | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |         |      | NT |         |      | AT |         |        | DBO |         |        | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> produzido/<br>N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> consumido |         |        | AT consumido/<br>N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> consumida |         |       |
|                            | n                              | Mediana | C.V. | n  | Mediana | C.V. | n  | Mediana | C.V.   | n   | Mediana | C.V.   | n                                                                                     | Mediana | C.V.   | n                                                         | Mediana | C.V.  |
| 1                          | 29                             | 56      | 0,45 | 12 | 46      | 0,31 | 10 | 13      | 2,30   | -   | -       | -      | 11                                                                                    | 0,60    | 0,46   | 11                                                        | 1,04    | 2,66  |
| 2                          | 14                             | 74      | 0,16 | 13 | 71      | 0,11 | 14 | 19      | 0,95   | 11  | 38      | 0,49   | 13                                                                                    | 0,79    | 0,44   | 12                                                        | 2,34    | 0,92  |
| 3                          | 11                             | 64      | 0,25 | 11 | 75      | 0,08 | 6  | 0       | -15,29 | 9   | 24      | 1,69   | 11                                                                                    | 0,22    | 0,74   | 6                                                         | 0,06    | -7,65 |
| 4                          | 26                             | 22      | 1,09 | 25 | 18      | 0,85 | 11 | 27      | 4,07   | 9   | 12      | -10,85 | 25                                                                                    | 0,22    | -14,92 | 11                                                        | 1,10    | -4,67 |
| 5                          | 28                             | 30      | 0,58 | 21 | 26      | 0,40 | 18 | 31      | 0,75   | 13  | 22      | 1,09   | 21                                                                                    | 0,33    | -6,84  | 18                                                        | 5,23    | -7,60 |
| 6.1                        | 8                              | 98      | 0,01 | 6  | 96      | 0,05 | 8  | -1      | -4,65  | -   | -       | -      | 6                                                                                     | 0,08    | 0,69   | 8                                                         | -0,06   | -4,51 |
| 6.2                        | 32                             | 93      | 0,13 | 32 | 89      | 0,11 | 24 | -1      | 15,95  | 19  | 3       | -12,52 | 32                                                                                    | 0,02    | 1,53   | 24                                                        | -0,07   | 20,46 |
| 7                          | 23                             | 66      | 0,18 | 21 | 59      | 0,15 | 21 | 68      | 0,34   | 12  | 10      | 1,64   | 21                                                                                    | 0,09    | 0,59   | 21                                                        | 5,98    | 0,28  |

| Concentrações efluentes (mg/L) |                                |         |      |    |         |      |    |         |      |     |         |      |                                |         |      |                                |         |      |
|--------------------------------|--------------------------------|---------|------|----|---------|------|----|---------|------|-----|---------|------|--------------------------------|---------|------|--------------------------------|---------|------|
| Fases                          | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |         |      | NT |         |      | AT |         |      | DBO |         |      | N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |         |      | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |         |      |
|                                | n                              | Mediana | C.V. | n  | Mediana | C.V. | n  | Mediana | C.V. | n   | Mediana | C.V. | n                              | Mediana | C.V. | n                              | Mediana | C.V. |
| 1                              | 29                             | 17,8    | 0,88 | 12 | 53,0    | 0,54 | 10 | 162,0   | 0,22 | -   | -       | -    | 29                             | 7,90    | 1,15 | 11                             | 17,50   | 0,30 |
| 2                              | 14                             | 5,1     | 0,58 | 13 | 20,5    | 0,18 | 14 | 158,0   | 0,17 | 11  | 16,3    | 0,29 | 14                             | 0,00    | 2,88 | 14                             | 14,50   | 0,28 |
| 3                              | 11                             | 14,5    | 0,61 | 11 | 18,6    | 0,26 | 6  | 252,0   | 0,29 | 10  | 23,8    | 0,76 | 11                             | 0,00    | 2,26 | 11                             | 4,08    | 0,81 |
| 4                              | 26                             | 31,9    | 0,21 | 25 | 40,7    | 0,34 | 14 | 156,0   | 0,48 | 11  | 46,6    | 0,42 | 26                             | 0,00    | 3,84 | 25                             | 2,58    | 1,09 |
| 5                              | 28                             | 33,0    | 0,32 | 21 | 38,1    | 0,11 | 21 | 180,0   | 0,42 | 15  | 35,1    | 0,48 | 28                             | 0,14    | 2,55 | 23                             | 4,82    | 1,04 |
| 6.1                            | 8                              | 0,6     | 0,54 | 6  | 3,3     | 0,70 | 8  | 233,0   | 0,14 | -   | -       | -    | 8                              | 0,82    | 1,66 | 6                              | 2,47    | 0,73 |
| 6.2                            | 32                             | 2,2     | 1,09 | 32 | 8,3     | 0,77 | 24 | 209,0   | 0,22 | 19  | 39,1    | 0,42 | 32                             | 0,40    | 1,90 | 32                             | 0,65    | 1,44 |
| 7                              | 23                             | 12,3    | 0,32 | 21 | 15,9    | 0,23 | 21 | 76,0    | 0,54 | 12  | 31,4    | 0,43 | 22                             | 0,05    | 1,85 | 21                             | 2,44    | 0,63 |

n: número de dados; C.V: coeficiente de variação (desvio padrão/média aritmética)

O processo tradicional de remoção biológica de nitrogênio de águas residuárias (com nitrificação total e desnitrificação heterotrófica) requer 2.86 mg de DQO por mg de  $\text{N-NO}_3^-$  removido (GÜVEN, 2009) e 7,07 mg de AT por mg de  $\text{N-NH}_4^+$  oxidado a  $\text{N-NO}_3^-$  (Ahn, 2006). As medianas dos valores de DQO/ $\text{N-NH}_4^+$  e de AT/ $\text{N-NH}_4^+$  no efluente anaeróbico doméstico foram de 1,40 e 5,89, respectivamente. Estes resultados sugerem que não há DQO e AT suficiente para garantir o processo tradicional de remoção de nitrogênio. No entanto, uma vez que a demanda de DQO e de AT para a NP/A é de 0 e 3,57 ( $\text{TA}_{\text{efluente}}/\text{N-NH}_4^+_{\text{efluente}}$ ) (Ahn, 2006), as concentrações destes compostos no efluente anaeróbico doméstico são adequadas para a NP/A.

A presença de DQO e DBO não diminuiu a remoção de nitrogênio, ao substituir o meio de cultura autotrófico (fase 1) por efluente anaeróbico doméstico (fase 2). Houve consumo de AT na fase 2 (mediana de 19%), mesmo sem fornecimento de ar. Este consumo pode ser uma medida indireta da nitrificação total, devido à atividade de bactérias nitrificantes, uma vez que a mediana da taxa de  $\text{N-NO}_3^-$  produzido/ $\text{N-NH}_4^+$  consumido foi de 0,79, maior do que o valor teórico da reação anammox de 0,26 (Strous et al., 1998).

Quanto à redução da temperatura, este estudo mostra que a aclimação de sistemas com atividade anammox sob temperaturas ambientes em regiões tropicais (20-29°C) pode ser rápida, o que facilita a implementação do processo anammox. A temperatura ambiente resultou em menores consumos de DBO e AT, o que indica indiretamente a diminuição das atividades de bactérias nitrificantes e heterotróficas em comparação à operação sob 35°C.

Observa-se que as primeiras estratégias de aeração intermitente, com 1 e 5 min on/14 min off nas fases 4 e 5, respectivamente, não foram adequadas para desenvolver a NP/A e ocasionaram nitrificação total. A aeração intermitente tem sido uma ferramenta adequada para estabelecer a PN/A, no entanto, mesmo sob aeração intermitente, o controle das concentrações de OD e períodos com e sem aeração são parâmetros cruciais.

Os resultados da presente pesquisa mostram que uma pequena porção de biomassa com atividade anammox para suplementação foi efetiva para aumentar a atividade anammox e a remoção de nitrogênio em curto período. Em comparação às fases 4 e 5, a fase 7 com aumento da aeração (7 min on/14 min off) e redução da vazão de ar melhorou a NP/A e a remoção de nitrogênio.

## CONCLUSÕES

O processo anammox foi aplicado com sucesso para remoção de nitrogênio de efluente anaeróbico doméstico, mesmo com a redução da temperatura de 35°C para temperatura ambiente (20-29°C), a remoção mediana de NT foi de 75%.

Para NP/A, a aeração intermitente com curtos períodos de aeração (1 e 5 min) ocasionaram baixa remoção de NT e nitrificação total (aumento da taxa de  $\text{N-NO}_3^-/\text{N-NH}_4^+$ ).

A suplementação de pequena porção de biomassa com atividade anammox (5g) foi suficiente para melhorar a eficiência de remoção de nitrogênio.

A melhor estratégia de aeração foi de 7 min on/14 min off, com remoções medianas de  $\text{N-NH}_4^+$  e NT de 66 e 59%, respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHN, Y. H. Sustainable nitrogen elimination biotechnologies: A review. *Process Biochemistry*, ago. 2006.
2. AL-HAZMI, H. E. et al. Optimization of the Aeration Strategies in a Deammonification Sequencing Batch Reactor for Efficient Nitrogen Removal and Mitigation of  $\text{N}_2\text{O}$  Production. *Environmental Science and Technology*, v. 55, n. 2, p. 1218–1230, 19 jan. 2021.
3. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2017.
4. BRASIL. Resolução nº 430 de 2011 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), 2011.
5. CAO, Y.; VAN LOOSDRECHT, M. C. M.; DAIGGER, G. T. Mainstream partial nitrification–anammox in municipal wastewater treatment: status, bottlenecks, and further studies. *Applied Microbiology and Biotechnology* Springer Verlag, 1 fev. 2017.
6. CASTRO-BARROS, C. M. et al. Effect of aeration regime on  $\text{N}_2\text{O}$  emission from partial nitrification–anammox in a full-scale granular sludge reactor. *Water Research*, v. 68, p. 793–803, 1 jan. 2015.
7. DAPENA-MORA, A. et al. Enrichment of Anammox biomass from municipal activated sludge: Experimental and modelling results. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 79, n. 12, p. 1421–1428, 2004.
8. GÜVEN, D. Effects of different carbon sources on denitrification efficiency associated with culture adaptation and C/N ratio. *Clean - Soil, Air, Water*, v. 37, n. 7, p. 565–573, jul. 2009.
9. JUAN-DÍAZ, X.; PÉREZ, J.; CARRERA, J. Effective dampening of temperature effects in an anammox reactor treating real mainstream wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, v. 40, 1 abr. 2021.

10. LAURENI, M. et al. Activity and growth of anammox biomass on aerobically pre-treated municipal wastewater. *Water Research*, v. 80, p. 325–336, 1 set. 2015.
11. LAURENI, M. et al. Mainstream partial nitrification and anammox: Long-term process stability and effluent quality at low temperatures. *Water Research*, v. 101, p. 628–639, 2016.
12. MA, B. et al. Suppressing nitrite-oxidizing bacteria growth to achieve nitrogen removal from domestic wastewater via anammox using intermittent aeration with low dissolved oxygen. *Scientific Reports*, v. 5, n. September, p. 1–9, 2015.
13. MIAO, Y. et al. Start-up of single-stage partial nitrification-anammox process treating low-strength swage and its restoration from nitrate accumulation. *Bioresource Technology*, v. 218, p. 771–779, 2016.
14. PEREIRA, A. D. et al. Nitrogen removal from food waste digestate using partial nitrification-anammox process: Effect of different aeration strategies on performance and microbial community dynamics. *Journal of Environmental Management*, v. 251, 1 dez. 2019.
15. ROCKSTRÖM, J. et al. A safe operation space for humanity. *Nature*, v. 461, n. September, p. 472–475, 2009.
16. SOUZA, T. S. O.; OKADA, D. Y.; FORESTI, E. Proof of concept and improvement of a triple chamber biosystem coupling anaerobic digestion, nitrification and mixotrophic endogenous denitrification for organic matter, nitrogen and sulfide removal from domestic sewage. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, v. 41, n. 12, p. 1839–1850, 1 dez. 2018.
17. STAZI, V.; TOMEI, M. C. Enhancing anaerobic treatment of domestic wastewater: State of the art, innovative technologies and future perspectives. *Science of the Total Environment Elsevier B.V.*, , 1 set. 2018.
18. STROUS, M. et al. The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 50, p. 589–596, 1998.