

II-154 – AVALIAÇÃO DA PARTIDA DE UM FILTRO ANAERÓBIO QUE VISA O TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO E A DESNITRIFICAÇÃO DE EFLUENTE DE FILTRO DE AREIA INTERMITENTE

Jenifer Clarisse Pereira da Silva⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental na modalidade Controle Ambiental pela Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (2009). Mestranda em Engenharia Civil na área de Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

Lays Paulino Leonel⁽²⁾

Bióloga pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (2008). Mestranda em Engenharia Civil na área de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

Marina Bezerra Calixto⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas.

Adriano Luiz Tonetti⁽⁴⁾

Professor Doutor pela Universidade Estadual de Campinas. Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (1999), mestrado em Engenharia Civil (Área Saneamento e Ambiente) pela Universidade Estadual de Campinas (2004) e doutorado em Engenharia Civil (Área Saneamento e Ambiente) pela Universidade Estadual de Campinas (2008).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Santa Isabel, 98 apto 502 – Barão Geraldo – Campinas – SP – CEP: 13084-012 – Brasil – Tel: (19) 9445 9159 – email : jenifercp@gmail.com

RESUMO

A última pesquisa em saneamento efetuada pelo IBGE mostrou que cerca de 45% dos municípios brasileiros não possuem coleta de esgoto, e a maior parte desses municípios localiza-se no Norte e Nordeste do país. Nesse sentido, o estudo de um sistema para o tratamento de esgotos de pequenas comunidades composto pela combinação de filtro anaeróbio e filtro de areia faz-se necessário. No decorrer desta pesquisa foram operados 3 filtros anaeróbios que possuem como material de recheio cascas de coco verde (*Cocos nucifera*), 2 filtros com tempo de detenção hidráulica de 12 horas e 1 filtro com tempo de detenção hidráulica de 16 horas. O efluente gerado tem sido disposto sobre a superfície de quatro filtros de areia que possuem 0,75 m de profundidade de leito de areia, propiciando a adequação da água residuária quanto a diversos parâmetros ambientais e uma completa nitrificação dos compostos nitrogenados (TONETTI, 2008 e DOMINATO, 2011). Na presente pesquisa, amparada pelo CNPq (Edital Universal 14/2011- Processo 471833/2011-8) e FAPESP (Auxílio à Pesquisa - Processo 2011/21919-7), o efluente nitrificado proveniente dos filtros de areia foi enviado para um filtro anaeróbio com TDH de 16 horas, na proporção de 12,5% em relação à vazão total afluyente (esgoto bruto + efluente nitrificado), permitindo o estudo da desnitrificação nesse tipo de reator.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento simplificado, filtro anaeróbio, remoção de nitrogênio, recirculação.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio é um importante nutriente para o crescimento de plantas, animais, bem como dos microrganismos participantes do tratamento biológico de esgotos. Este composto geralmente é requerido em maiores concentrações que os demais para o crescimento de microrganismos, (CHERNICARO, 1997). Porém, em sua forma amoniacal é tóxico para peixes, além de consumir o oxigênio do meio para oxidação a nitrito e depois a nitrato.

Na forma de nitrato, o nitrogênio é facilmente assimilável pelos organismos, e se lançado em corpos d'água pode causar o fenômeno chamado eutrofização, que é o crescimento excessivo de fitoplâncton. Este fitoplâncton permanece na superfície, impedindo que a luz solar atinja as plantas submersas, não ocorrendo fotossíntese e com isso, a redução do oxigênio dissolvido do meio (VON SPERLING, 2005).

A resolução CONAMA 430/2011 a qual dispõe sobre padrões de lançamento de efluentes, padronizou o lançamento de nitrogênio amoniacal total em 20 mg/L de N.

Uma alternativa para a remoção do nitrogênio de efluentes é a nitrificação (oxidação da forma amoniacal a nitrito e nitrato) e posteriormente, a redução do nitrato para N_2 , em um ambiente anóxico (ausência de oxigênio e presença de nitratos). A redução é feita por microrganismos heterotróficos que utilizam o nitrato comoceptor final de elétrons e por serem heterotróficos, precisam de uma fonte externa de carbono (VON SPERLING, 1996). Um exemplo desta prática seria a recirculação de um efluente nitrificado para reatores anaeróbios, a qual tem sido estudada por muitos pesquisadores como Naik e Setty (2011), que avaliaram a desnitrificação em biorreatores de leito fluidificado.

Segundo Chernicharo (2007), os filtros anaeróbios são uma alternativa promissora para o tratamento biológico de efluentes, uma vez que a carga de DBO aplicada por unidade de volume nestes reatores é bastante elevada, reduzindo o volume do reator. Von Sperling (2005) descreve os filtros anaeróbios como reatores com biofilmes, que apresentam alguma similaridade conceitual com os filtros biológicos percoladores aeróbios, pois, em ambos os casos a biomassa cresce aderida a um meio suporte.

Estudos conduzidos por Tonetti (2008) e Dominato (2011) com sistema combinado de filtro anaeróbio e filtro de areia, obtiveram uma completa nitrificação dos compostos nitrogenados do efluente dos filtros anaeróbios. Assim, a recirculação do efluente nitrificado para os filtros anaeróbios propicia um ambiente anóxico, o qual suscitará a redução do nitrato a nitrogênio gasoso.

As características apresentadas indicam que os filtros anaeróbios podem ser utilizados na desnitrificação de efluentes, adequando estes aos padrões de lançamento da legislação ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no terreno do Laboratório de Protótipos Aplicados ao Tratamento de Águas e Efluentes (LABPRO) da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

O esgoto bruto empregado é proveniente de uma região da universidade na qual circulam diariamente cerca de 10 mil pessoas. O esgoto foi captado por meio de uma bomba submersa e lançado para uma caixa de armazenamento com capacidade de 1000 L, em seguida seguia para uma caixa de distribuição com capacidade de 100 L, a partir da qual foi direcionado para os filtros anaeróbios com material suporte de cascas de coco verde (F2 e F3), apresentados na Figura 1.

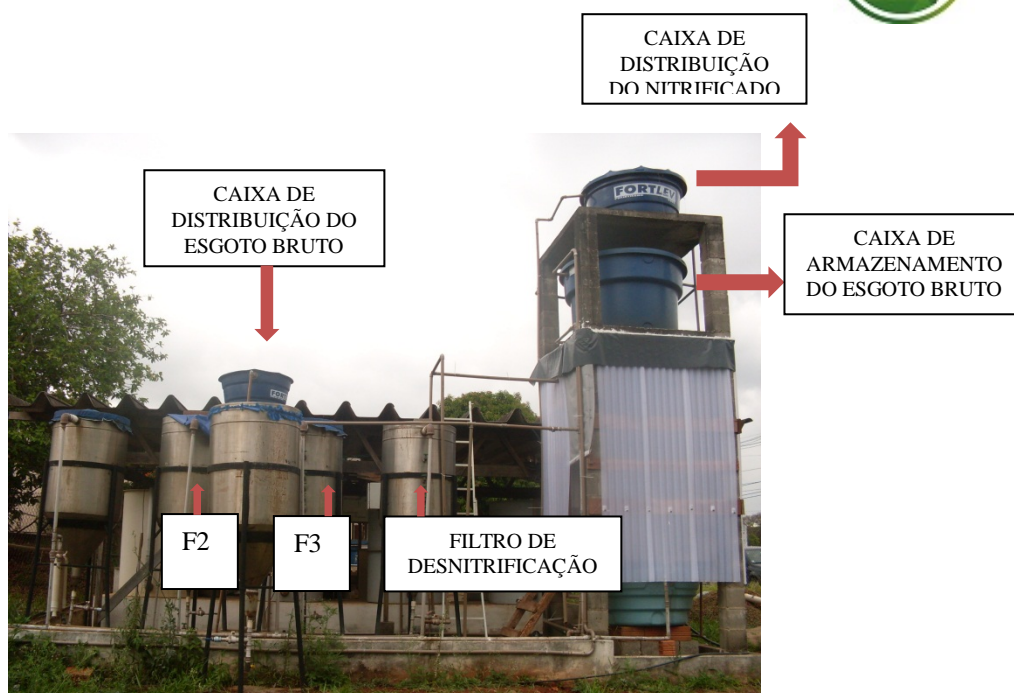


Figura 1. Vista dos filtros anaeróbios e da caixa de armazenamento e distribuição.

Os filtros anaeróbios foram operados com fluxo ascendente e tempo de detenção hidráulica de 12 horas. O líquido proveniente destes reatores foi aplicado sobre as superfícies de cada leito de areia em oito cargas de 25 Lm⁻², que totalizarão uma taxa de aplicação de 200 Lm⁻²dia⁻¹ em cada leito de areia. Segundo Tonetti (2008) e Dominato (2011) adotando-se esta dose e taxa haverá a completa nitrificação do efluente anaeróbio.

Parte do efluente nitrificado proveniente dos filtros de areia foi direcionada para uma aplicação em conjunto com o esgoto bruto no filtro anaeróbio de desnitrificação, que foi operado com tempo de detenção hidráulica de 16 horas.

No decorrer da pesquisa foi avaliado o comportamento do sistema ao empregar uma relação entre esgoto bruto e efluente nitrificado de 87,5%/12,5%. Deste modo, a fonte externa de carbono para a desnitrificação foi o próprio esgoto bruto que alimentou o filtro anaeróbio.

Foram coletadas amostras do esgoto bruto, conjunto do efluente nitrificado nos filtros de areia e efluente do filtro anaeróbio, utilizado no estudo da desnitrificação.

RESULTADOS PRIMEIRA ETAPA

A primeira etapa do projeto consistiu na caracterização do esgoto bruto, bem como na caracterização do efluente do filtro anaeróbio posteriormente utilizado na desnitrificação. O esgoto bruto apresentou uma DQO média de 878 mg.L⁻¹ ± 308 e o efluente dos filtros de areia DQO média de 42 mg.L⁻¹ ± 22 ou seja, uma remoção de 95% (Figura 2).

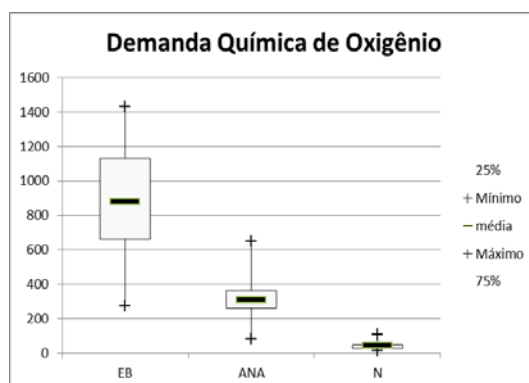


Figura 2. Demanda Química de Oxigênio (EB: esgoto bruto, ANA: efluente anaeróbio e N: efluente nitrificado)

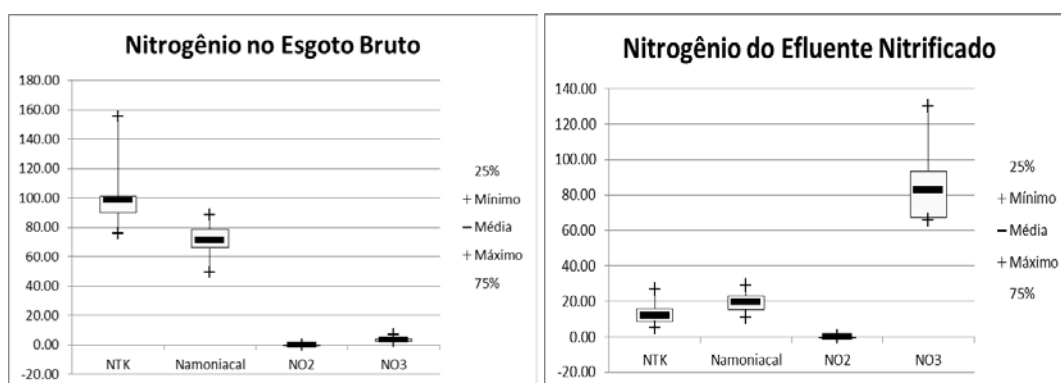
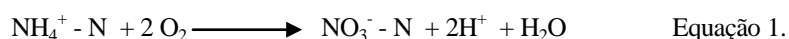


Figura 3. Formas de Nitrogênio no esgoto bruto e efluente após tratamento

Conforme se observa na figura 3, houve uma excelente nitrificação do esgoto bruto que adentrava os filtros anaeróbios numa concentração média de $98 \text{ mg.L}^{-1} \pm 18$ de Nitrogênio Total Kendjal (orgânico e amoniacal) e o efluente dos filtros de areia possuía uma concentração média de nitrogênio oxidado a nitrato de $82 \text{ mg.L}^{-1} \pm 20$.

A alcalinidade é um parâmetro que também ilustra a ocorrência de nitrificação pois, conforme equação 1, a reação de oxidação da amônia a nitrato consome a alcalinidade do meio pois há liberação de íons H^+ .



Verifica-se a queda da alcalinidade na primeira etapa de caracterização do esgoto bruto e filtro anaeróbio na tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de pH, Alcalinidade parcial e total

	pH	Alcalinidade Parcial mg.L ⁻¹	Alcalinidade Total mg.L ⁻¹
Esgoto Bruto	6.76	153	303
Efluente Anaeróbio	7.13	235	362
Efluente Nitrificado	4.02	ND	ND

ND = não detectado

Não foi possível detectar a alcalinidade do efluente nitrificado visto que o pH do mesmo teve média inferior ao limite de detecção da metodologia para alcalinidade parcial que é de 5.75.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Diante dos baixos valores de pH e alcalinidade do efluente dos filtros de areia, verificou-se a necessidade da adição de um composto alcalino. O composto utilizado foi o carbonato de sódio barrilha, adicionado numa concentração de 260 mg.L⁻¹ no efluente anaeróbio antes da aplicação nos filtros de areia.

Podemos constatar na tabela 2 que houve um aumento no valor de pH e ganho de alcalinidade do efluente nitrificado.

Tabela 2. Valores médios de pH, Alcalinidade parcial e total após adição de CaCO₃

	pH	Alcalinidade Parcial (mg.L ⁻¹)	Alcalinidade Total (mg.L ⁻¹)
Esgoto Bruto	6.87	155	285
Efluente Anaeróbio	7.62	326	426
Efluente Nitrificado	7.96	270	356

A remoção média de DQO permaneceu acima de 90% com entrada média de 540 mg.L⁻¹ ± 154 no filtro anaeróbio e saída do filtro de areia de 53 mg.L⁻¹ ± 16. A figura 4 ilustra a variação da DQO do esgoto bruto, efluente recirculado e efluente nitrificado.

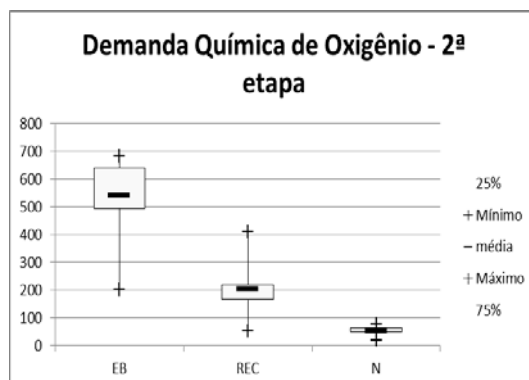


Figura 4. Demanda Química de oxigênio após recirculação do efluente nitrificado (EB: esgoto bruto, REC: efluente recirculado, N : efluente nitrificado)

Pode-se perceber que houve uma queda acentuada da DQO do efluente anaeróbio da primeira etapa da pesquisa (sem recirculação) e após a recirculação. A média obtida na primeira etapa da DQO de saída do filtro anaeróbio foi de 308 mg.L⁻¹ ± 130 e, após a recirculação, a DQO média de saída do mesmo filtro (filtro desnitrificante) foi de 203 mg.L⁻¹ ± 102.

Podemos observar, então, que além de uma certa diluição do esgoto afluente contribuir na redução da concentração de DQO de saída, há também uma remoção biológica da DQO devido ao metabolismo das bactérias desnitrificantes utilizar a matéria orgânica do esgoto como fonte de carbono e o restante é utilizado pelas *Arqueas* metanogênicas para produção de metano.

Hanaki e Polprasert (1989) acreditam que a desnitrificação ocorre na preferência da produção de metano num ambiente anóxico (ausência de oxigênio e presença de nitrato). Outros pesquisadores descobriram que a reação global de desnitrificação produz mais energia que o processo de produção de metano, acarretando uma maior taxa de crescimento das bactérias desnitrificantes em comparação às *Arqueas* metanogênicas. Num ambiente anóxico, são produzidos $0.3\text{mgSSV.mg}^{-1}\text{DQO}$ de bactérias desnitrificantes e $0.05\text{mgSSV.mg}^{-1}\text{DQO}$ das produtoras de metano (HENDRIKSEN e AHRING, 1995; HUANG et. al, 2007).

Quanto à remoção de nitrogênio, a recirculação de 12,5% do efluente nitrificado correspondente a uma carga de $0.1\text{ kg N-NO}_3^-\text{.m}^3\text{.dia}^{-1}$ e 87,5% de DQO correspondente a carga de $7.76\text{ kg.m}^3\text{.dia}^{-1}$, obteve-se uma saída do efluente do filtro desnitrificante com $0.01\text{kg N-NO}_3^-\text{.m}^3\text{.dia}^{-1}$. Estes valores de nitrato e DQO de entrada configuram uma relação de 77.6.

RUSTRIAN et.al, (1997) testaram sete relações DQO/ N-NO_3^- num reator anaeróbio em escala de bancada e concluíram que as relações DQO/ N-NO_3^- entre 70 e 110 obtiveram melhores resultados na remoção do nitrogênio na forma de nitrato e produção de metano concomitantemente. Segundo estes pesquisadores, valores abaixo comprometem a produção de metano e valores acima aumentam a produção de ácidos voláteis, podendo prejudicar a desnitrificação.

Esse valor em concentração atingiu média de $1.81\text{ mg N-NO}_3^-\text{.L}^{-1} \pm 3$ ou seja, está dentro dos padrões de lançamento de efluente do CONAMA 430/2011 que estabeleceu concentração máxima de nitrogênio na forma de nitrato de 10 mg.L^{-1} (BRASIL, 2011).

Verifica-se na figura 5 que o efluente do filtro desnitrificante possui concentração de nitrogênio total inferior ao esgoto bruto e superior ao efluente nitrificado. A concentração média de Nitrogênio Total no efluente recirculado foi de $71\text{ mg.L}^{-1} \pm 6.4$ e do efluente nitrificado $57\text{ mg.L}^{-1} \pm 9.6$.

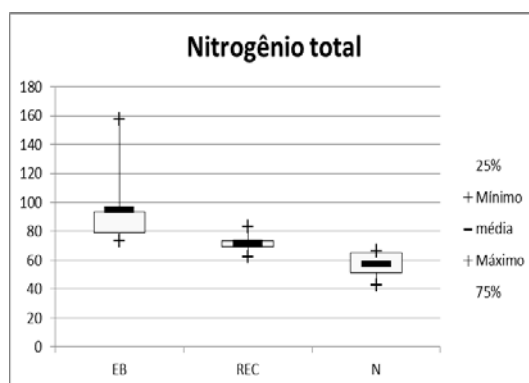


Figura 5. Nitrogênio total do esgoto bruto, efluente recirculado e efluente nitrificado

Comparando com os valores obtidos na primeira etapa da pesquisa, com concentração de nitrogênio total média da saída do filtro anaeróbio de $79\text{ mg.L}^{-1} \pm 30$, houve uma redução na faixa de concentração de 30 mg para 6.4 mg, demonstrando a redução na concentração de nitrogênio no efluente.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O filtro anaeróbio tem potencial de remoção de nitrogênio de efluente com concentração média de N-NO_3^- de 53 mg.L^{-1} ;

A relação DQO/ N-NO_3^- empregada na presente pesquisa está dentro dos valores ótimos obtidos na literatura mas, para uma verificação da performance do filtro anaeróbio como reator desnitrificante podem ser empregadas relações maiores;

A adição do composto alcalinizante CaCO_3 possibilitou um aumento da alcalinidade do sistema, viabilizando a nitrificação do efluente bem como, elevação do pH;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, 2011. Ministério do Meio Ambiente. Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA 430, Brasília, 13 de maio de 2011.
2. CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do Tratamento de Águas Residuárias – volume 5. Belo Horizonte/MG, 2007.
3. DOMINATO, D.T. Tratamento de Efluente Anaeróbio: condicionamento em filtro de areia visando lançamento e reuso. 28/02/2011. 251. Tese (doutorado). Universidade Estadual de Campinas, 28 de fevereiro de 2011.
4. HANAKI, K. e POLPRASET, C. Contribution of methanogenesis to denitrification with na upflow filter. Journal WPCF, Volume 61, number 9, pág. 1604-1610, 1989.
5. HENDRIKSEN, H.V; AHRING, B.K; Integrated Removal of nitrate and carbon in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor: operating performance. Water Research, volume 30, número 6, pág. 1451-1458, 1996.
6. HUANG, J.-S; CHOU, H.-H.; CHEN, C.-M; CHIANG, C.-M. Effect of recycle-to-influent ratio on activities of nitrifiers and denitrifiers in a combined UASB-activated sludge reactor system. Chemosphere, volume 68, pág. 382-388, 2007.
7. NAIK, S; SETTY, Y.P. Effect of carbon sources on biological denitrification of wastewater by immobilized *Pseudomonas stutzeri* Bacteria in a fluidized bed bio reactor (FBBR). Second International Conference on Chemical Engineering and Applications IPCBEE, volume 23, Singapura, 2011.
8. RUSTRIAN, E.; DELGENES, J.P.; BERNET, N., Nitrate reduction in Acidogenic Reactor: Influence of wastewater COD/N- NO_3 ratio on denitrification and acidogenic activity. Environmental Technology, volume 18, pág. 309-315, 1997.
9. TONETTI, A.L. Tratamento de Esgotos pelo Sistema Combinado Filtro Anaeróbio e Filtros de Areia. 25/02/2008. 204. Tese (doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 25 de fevereiro de 2008.
10. VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – volume 1. Belo Horizonte/MG, 2005.
11. VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – volume 2. Belo Horizonte/MG, 1996.