

II-435 - AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIAICAL EM LAGOAS DE POLIMENTO COM DIFERENTES PROFUNDIDADES

Silvânia dos Santos Lucas⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Professora Adjunta da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Isabella Vieira Santos⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Carlos Eduardo Pereira de Moraes⁽³⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande.

Francisca Kamila Amancio Frutuoso⁽⁴⁾

Engenheira Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande.

Endereço⁽¹⁾: Rua das Violetas, 675 – Capim Macio – Natal – RN – CEP: 58.078-160 – Brasil – Tel (83) 99625-3398 - e-mail: silvania_sls@hotmail.com

RESUMO

O lançamento de efluentes domésticos contendo compostos nitrogenados tem um intenso efeito sobre a saúde da população e ao meio ambiente, tornando indispensável a utilização de processos de remoção desse nutriente. Com base nisto, o presente estudo avaliou o desempenho de duas lagoas de polimento rasas ($H=0,40$ e $0,60m$), operando em regime de batelada sequencial no tratamento de efluente de um reator UASB na remoção do nitrogênio amoniacal. Os dados de pH, amônia e alcalinidade foram levantados durante três meses, em unidades de tratamento em escala piloto. Ambas as lagoas apresentaram excelente desempenho na dessorção da amônia, tendo eficiência final nas bateladas de 100% , na lagoa 1 em 5 dias e na lagoa 2 em 10 dias de operação. O pH foi observado como fator determinante para o bom desempenho das lagoas.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de Polimento, Dessorção de Amônia, Volatilização.

INTRODUÇÃO

Elevadas concentrações de nutrientes presentes em esgoto domésticos podem ser um grande problema a ser solucionado, uma vez que o excesso destes é capaz de causar a eutrofização de corpos de água ocasionando diversos danos, como: mortandade de peixes, problemas estéticos, aumento dos custos para tratamento e toxicidade. Além disto, a maior preocupação se refere à contaminação da água utilizada para abastecimento, já que pode causar sérios problemas de saúde pública (Mota e Von Sperling, 2009). Assim sendo, é necessário estudar novas alternativas para o tratamento de esgoto, de forma que se obtenha um efluente que atenda a padrões de lançamento estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para que estes efluentes tratados possam ser lançados em corpos d'água, sem causar impactos negativos sobre os recursos hídricos.

A utilização de sistema composto por tratamento anaeróbio seguido de tratamento aeróbio, como associação de reatores tipo UASB com lagoas de polimento, tem sido reconhecido como um sistema eficiente na remoção de nutrientes, principalmente na região semi-árida que devido à alta insolação sobre a superfície da água favorece o crescimento de algas nas lagoas, onde através da sua atividade fotossintética, aumenta o consumo de gás carbônico e eleva o pH do meio. O aumento do pH é de extrema importância para a higienização do efluente, bem como favorece a remoção de nitrogênio amoniacal, por processo físico de dessorção (Cavalcanti et al., 2000).

A realização de um pré-tratamento no reator UASB proporciona uma diminuição eficiente na concentração de matéria orgânica e do material coloidal presente no esgoto, gerando um efluente com baixa turbidez (Van

Haandel e Lettinga, 1994). Dessa forma, na lagoa de polimento tem uma introdução da radiação solar em maior parte da coluna de água, intensificando assim a atividade fotossintética e o aumento da produção de oxigênio dissolvido (Mascarenhas et al., 2004).

O nitrogênio amoniacal presente em efluentes pode alcançar rapidamente concentrações tóxicas, resultando na morte de diversos organismos presente em corpos d'água. Uma das formas para remoção da amônia é através da volatilização para atmosfera, tendo como fatores dependentes o pH e a temperatura do meio. No pH entre 9 – 9,5 cerca de 50% da amônia se encontra na forma de NH_3 e 50% na forma de NH_4^+ , pH superior a 11 praticamente toda amônia se encontra na forma de NH_3 (amônia livre) sujeita a volatilização, colaborando assim com a remoção do nitrogênio presente (Pena Naval et al., 2005).

Com base nisto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de lagoas de polimento em escala piloto, operando em duas diferentes profundidades (0,40m e 0,60 m) e em regime de batelada sequenciais na remoção de nitrogênio amoniacal.

MATERIAIS E MÉTODOS

As unidades de tratamento de esgoto (reator UASB seguido de lagoas de polimento) foram instaladas na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizada no bairro do Catolé em Campina Grande-PB.

O esgoto utilizado na pesquisa foi o esgoto doméstico do município de Campina Grande, coletado no interceptor leste, que passa nas dependências da EXTRABES, proveniente da rede coletora da Companhia de águas e esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA). Ao ser bombeado, este segue para um tanque de armazenamento que garante uma alimentação ininterrupta do reator UASB, através do bombeamento contínuo realizado por uma eletrobomba d'água. O reator UASB utilizado (Figura 1-A) tem volume de 2,5 m³ e 1,7 m de altura, operando com um tempo de detenção hidráulico-TDH de 6 horas e capacidade de tratar até 10 m³/d de esgoto.

O efluente do reator UASB é direcionado para as lagoas de polimento projetadas em escala piloto, estas apresentam profundidades de 0,40 e 0,60 m, com diâmetro de 0,50 m e volumes de 80 e 120L respectivamente. Foi instalado agitador mecânico lento para homogeneização do líquido das lagoas.



Figura 1 – Reator UASB em operação na estação experimental (A); Sistema de Lagoas de Polimento (B).

Foram realizadas medições diárias de pH, alcalinidade e amônia. O sistema foi monitorado de outubro de 2018 a dezembro de 2019, onde foram efetuadas análises físico-químicas do efluente UASB e das lagoas de polimento. A metodologia utilizada para medição do pH e verificação da amônia seguiu os procedimentos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012), para a alcalinidade total a avaliação foi realizada de acordo com o método de Kapp descrito por Buchauer (1998). Na Tabela 1 é apresentado as datas de início e fim de cada batelada para cada lagoa.

Tabela 1: Datas referentes ao início e fim de cada batelada

LAGOAS		
Batelada	L1	L2
1	25/10 até 04/11	25/10 até 15/11
2	05/11 até 11/11	15/11 até 30/11
3	11/11 até 20/11	30/11 até 20/12
4	20/11 até 01/12	
5	01/12 até 11/12	

O fim das bateladas teve como base outros experimentos que foram investigados simultaneamente nas lagoas e que serão futuramente publicados.

RESULTADOS

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados médios dos parâmetros monitorados no fim de cada batelada no período de experimento. Foi realizada uma comparação entre os dados afluentes e efluentes obtidos, a fim de comprovar a viabilidade do uso de lagoas de polimento como pós-tratamento de reator UASB.

Tabela 2: Concentração média dos parâmetros analisados

Parâmetro	Esgoto Bruto	Efluente UASB	Lagoa 1 (8 DIAS)	Lagoa 2 (16 DIAS)
Ph	7,3	7,3	9,6	9,0
Amônia (mg/L)	56,9	61,1	0,0	0,0
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	369,7	438,1	142,0	185,0

A concentração média de amônia, apresentada na Tabela 2 mostra que ocorreu um aumento no reator anaeróbio UASB, este comportamento é justificado devido a decomposição da matéria orgânica presente, onde os microrganismos em condições anaeróbias, leva a hidrólise de proteínas e ureia presentes na matéria orgânica, e com isso, ocorre a elevação nas concentrações de nitrogênio amoniacal.

Já nas lagoas de polimento houve eficiência de remoção de 100% no encerramento das bateladas. Essa redução do nitrogênio amoniacal ocorreu provavelmente devido a volatilização, um processo fisicamente dirigido pela mudança de pH causada pela fotossíntese. Através da fotossíntese, as algas consomem CO₂, ou ácido carbônico em sua forma hidratada, provocando um aumento no pH. A elevação do pH faz com que o amônio (NH₄⁺) seja convertido em sua forma neutra de amônia (NH₃), assim, essa pode então ser perdida por volatilização (SNIFFEN et al., 2018).

De acordo com Pano e Middlebrooks (1982) devido a pouca concentração de nitrito e nitrato encontrada no efluente das lagoas, o processo de nitrificação nestes sistemas terá contribuição insignificante. Mara e Pearson (1986) afirmaram em seus trabalhos que a desnitrificação não é a principal via de remoção de nitrogênio em lagoas. Inúmeros estudos afirmam que a volatilização é o processo principal para remoção do nitrogênio, a exemplo de Leite et al. (2011) através de um estudo verificaram a eficácia de lagoas rasas (profundidade de 0,5

m) em clima tropical brasileiro para remoção de altas concentrações de amônia de lixiviado de aterro sanitário. A média máxima de eficiência de remoção encontrada pelos autores foi de 99,5% com concentração efluente de 5,3 mg.L⁻¹ de nitrogênio amoniacal e um tempo de detenção hidráulica de 40 dias. O processo de remoção foi principalmente atribuído à volatilização da amônia que ocorreu na superfície das lagoas, aliado a valores de pH altos e temperaturas do meio líquido entre 22 e 26°C.

O pH do líquido, conforme observado na Figura 2B e 3B aumenta com o tempo, isto é o fator de maior importância para que ocorra a dissociação do íon amônia e como resultado sua difusão para atmosfera. Segundo Moreira et al., (2009) em lagoas o pH é alterado por três meios, são eles: (i) remoção biológica de CO₂ devido a fotossíntese, (ii) dessorção de amônia (volatilização) e (iii) precipitação de CaCO₃.

A profundidade e o TDH também são parâmetros importantes para o bom funcionamento das lagoas para que ocorra significativamente remoção da amônia, como pode-se observar na Figura 2A que L1 em aproximadamente 5 dias remove completamente a amônia, enquanto que a L2 necessita em torno de 10 dias para que ocorra essa dessorção por completo, conforme apresentado na Figura 3A. Isso ocorre devido a L1 ter profundidade menor, isso faz com que ocorra maior penetração da radiação solar no perfil da lagoa e com isso, devido a atividade fotossintética ser maior, favorece o aumento do pH mais rapidamente que a lagoa de 0,60m.

Para a alcalinidade total, a média obtida para o efluente bruto foi de 369 mg CaCO₃/L, ou seja, valor típico de esgoto não tratado com pH menor que 8,3. Nas lagoas de polimento observa-se uma tendência de decaimento, segundo Cavalcanti (2009) as lagoas de polimento reduzem a alcalinidade do efluente devido a remoção da amônia através da dessorção. Na dessorção do gás amônia ocorre redução de 1meq/mol de alcalinidade com aumento de 1meq/mol de acidez. Essa afirmativa justifica em parte a redução da alcalinidade nas lagoas.

É importante destacar que quando se objetiva lançar o efluente tratado em corpos de água, necessita-se a remoção de nutrientes para evitar o processo de eutrofização, com isso a resolução CONAMA n° 430/2011 determinou concentração máxima de nitrogênio amoniacal de 20 mg/L para que o efluente possa ser lançado. Como visto, a configuração das lagoas com 0,40 e 0,60 m com alimentação em batelada sequencial atenderam a este padrão de lançamento, mostrando que o uso de lagoas de polimento como pós-tratamento de efluente de reator UASB é uma excelente opção para remoção de nutrientes.

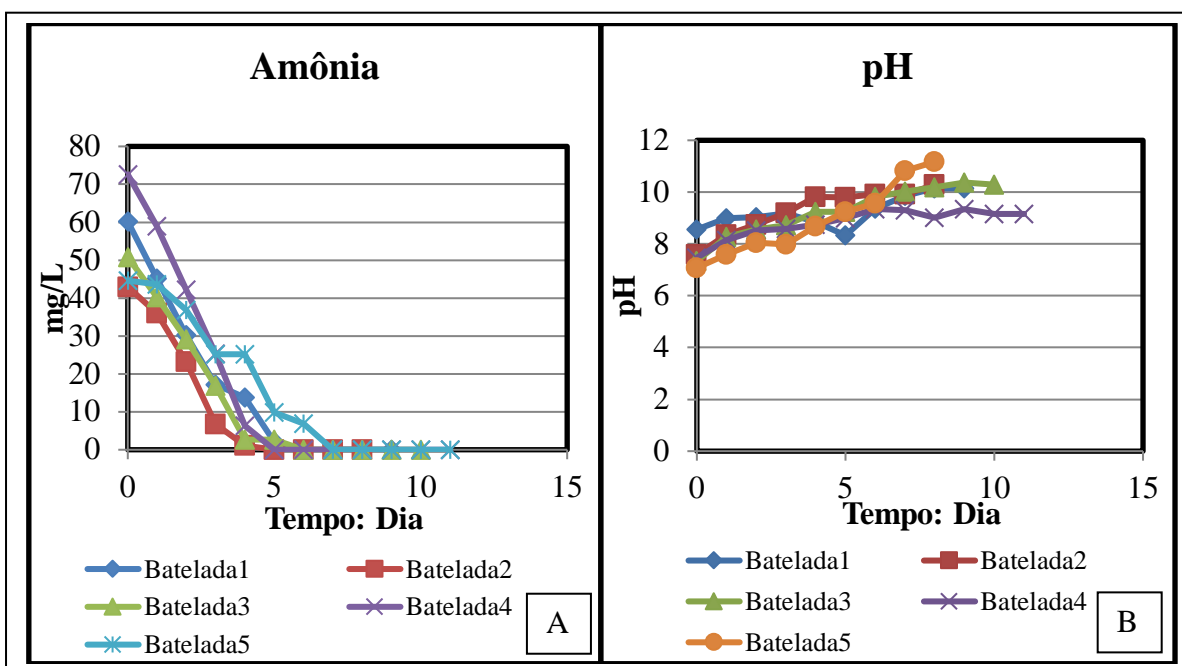


Figura 2: Comportamento da amônia e pH em relação aos dias na Lagoa 1 (0,40m)

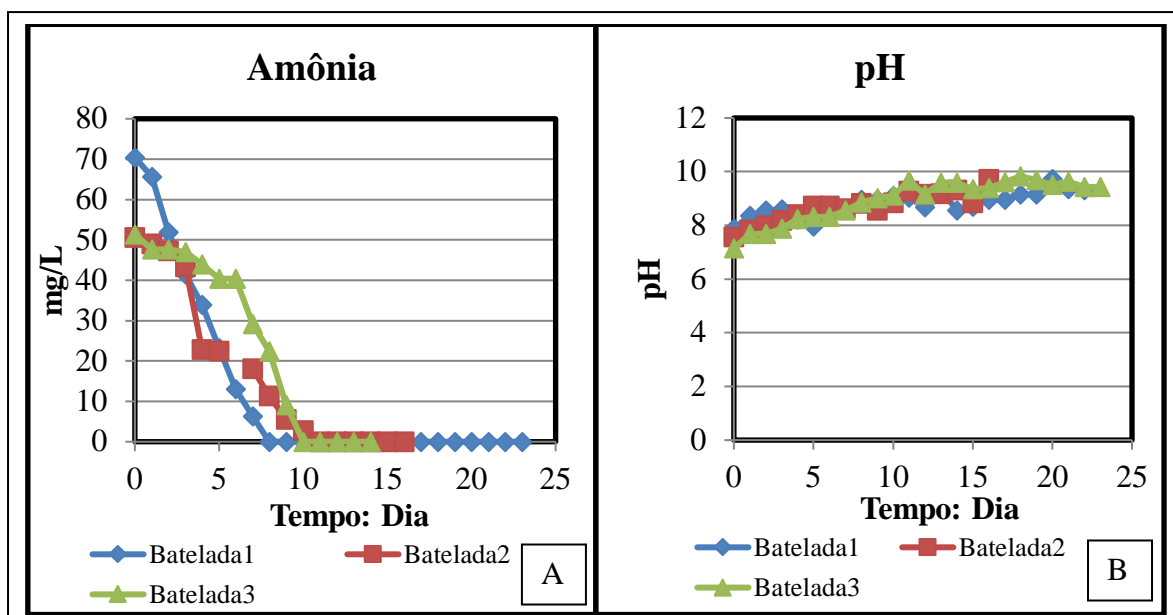


Figura 3: Comportamento da amônia e pH em relação aos dias na Lagoa 2 (0,60m)

A escolha para a profundidade das lagoas dependerá da área necessária para sua construção. Levando em consideração a estimativa definida pela NBR 7229 – ABNT de 1993, em que a contribuição de efluente doméstico por pessoa/dia de uma casa de padrão baixo é de 100L, pode-se concluir que a L1 é a que requer menor área para construção (1,25 m²/hab), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Dimensões das lagoas de polimento.

	TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA (dias)	PROFUNDIDADE (m)	VOLUME (m ³)	ÁREA (m ²)
L1	8	0,4	0,8	1,25
L2	16	0,6	1,6	1,67

Os resultados obtidos através desta pesquisa corroboram com outros trabalhos que utilizaram lagoas de polimento no pós-tratamento de reator UASB mostrando que lagoas de polimento operadas em regime de batelada sequencial é factível para remoção de amônia. Observou-se que quanto menor a profundidade das lagoas, mais rápido será o aumento do pH do líquido e consequentemente mais eficiente será a dessorção da amônia devido a atividade fotossintética mais ativa.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os resultados apresentados confirmam a eficiência do sistema de pós-tratamento de efluentes com uso de lagoas de polimento operando em regime de batelada sequencial para remoção de nutrientes, em especial da amônia, desde que o pré-tratamento anaeróbio seja eficiente.

Lagoas de menor profundidade (L1) apresentam excelente desempenho e menor tempo de detenção hidráulica do líquido, devido a alta taxa fotossintética que favorece o crescimento de algas e consequentemente o aumento do pH do meio.

Diante dos resultados obtidos fica claro, que o pH é o parâmetro de maior importância para o bom desempenho das lagoas, a dessorção da amônia começa a ocorrer quando atinge-se um pH próximo a 9,0. Esse valor do pH é facilmente encontrado em poucos dias, quando se tem lagoas mais rasas.

Este estudo representa uma significativa contribuição para pesquisas relacionadas ao funcionamento de lagoa de polimento, principalmente no nordeste brasileiro, onde se encontra condições ambientais favoráveis, como elevadas temperaturas, que proporcionam bom desempenho destas lagoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA & WEF Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington D.C.: American Public Health Association, 20a edição. p.4-139,4-153. 2012.
2. Brasil- Resolução nº 430. CONAMA: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Brasil, 2011.
3. CAVALCANTI, P. F. F.; VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Polishing ponds for post treatment of digested sewage. Sequential batch ponds.** In: Oficina Seminário Latino-Americano de digestão anaeróbia. Recife, Anais... Recife: 2000. p.352-359
4. CAVALCANTI, P.F.F.; VAN HAANDEL, A.C.; KATO, M.T. et al. **Pós-tratamento de efluentes anaeróbios em lagoas de polimento.** In: CHERNICHARO, C.A.L. (Coordenador). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Coletânea de Trabalhos Técnicos. Belo Horizonte: PROSAB, 2001, vol.2, 105-170p
5. HAANDEL, Adrianus C.; LETTINGA, Gatzke F. Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para as regiões do clima quente. In: **Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente**. Epgraf, 1994.
6. LEITE, V.D.; PEARSON, H.W.; SOUSA, J.T.; LUNA, M.L. (2011) The removal of ammonia from sanitary landfill leachate using a series of shallow waste stabilization ponds. Water Science and Technology, v. 63, p. 666-670.
7. MARA, D. Domestic wastewater treatment in developing countries. London: Earthscan, 2003. 293p.
8. MOTA, Francisco SB; VON SPERLING, Marcos. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. **Rio de Janeiro: ABES**, p. 428, 2009
9. NBR, ABNT. 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. **Rio de Janeiro: ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 1993.
10. SNIFFEN, K.D.; SALES, C.M.; OLSON, M. S. The fate of nitrogen through algal treatment of landfill leachate. Algal Res., 30, 50-58. 2018.