

# REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIACAL DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO APLICANDO *Chlorella* sp. EM BIORREATOR ALIMENTADO EM FLUXO CONTÍNUO

Maria Célia Cavalcante de Paula e Silva <sup>1</sup>  
Amanda da Silva Barbosa Cartaxo <sup>2</sup>  
Andreando Rodrigues de Sousa <sup>3</sup>  
Howard William Pearson <sup>4</sup>  
Valderi Duarte Leite <sup>5</sup>

## RESUMO

O Lixiviado de aterro sanitário é um resíduo líquido proveniente da degradação da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos e da água de chuva que percola a célula de aterramento. Apresenta elevada magnitude de matéria carbonácea e nitrogenada, na forma de nitrogênio amoniacal, além de, metais pesados, fósforo e componentes químicos recalcitrantes. Neste sentido, o lixiviado é considerado uma água residuária de alto poder poluente para os ecossistemas. O trabalho foi desenvolvido na EXTRABES, Campina Grande- PB, e o lixiviado foi coletado no aterro sanitário de João Pessoa- PB. A cepa da *Chlorella* sp. aplicada na pesquisa foi isolada de uma amostra de lixiviado. Os parâmetros avaliados foram pH, nitrogênio amoniacal e turbidez. O sistema de alimentação foi em regime contínuo, temperatura controlada de 29°C, vazão de alimentação de 120 mL.min<sup>-1</sup>, TDH de 2h, recheado com 120 mL esferas de alginato com *Chlorella* sp. imobilizada com diâmetro médio de 4 mm. Os valores de remoção de N- amoniacal nos dois tratamentos testados foram de aproximadamente entre 36 e 39% para concentração média afluente de 83 mg. L<sup>-1</sup> com incrementos de até 1,0 de pH. O substrato com adição de fosfato, promoveu a desestruturação da matriz em 35% a mais, que no sistema sem suplementação. A *Chlorella* sp. imobilizada removeu entre 75 e 81 mg- N do lixiviado de aterro sanitário em 10 horas de monitoração. Os resultados obtidos são indicativos de que o sistema de algas imobilizadas em alginato é eficiente na remoção de nitrogênio amoniacal, possibilitando o pós-tratamento biológico do lixiviado.

**Palavras-chave:** *Microalgas imobilizadas; Remoção de nutrientes; Alginato de cálcio; Chorume.*

## INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos pela sociedade representa um desafio que carece da participação de diversos segmentos para a resolução do mesmo. A maior fração destes resíduos, é disposta em aterros controlados e lixões, a qual, durante sua biodegradação, provoca problemas diversos, dentre estes, a geração de lixiviado, resíduo líquido de alto poder contaminante para o ecossistema em geral.

<sup>1</sup> Doutoranda do PPGCTA da Universidade Estadual da Paraíba, [celia\\_romulo@hotmail.com](mailto:celia_romulo@hotmail.com);

<sup>2</sup> Doutoranda do PPGCTA da Universidade Estadual da Paraíba, [amandauepbio@hotmail.com](mailto:amandauepbio@hotmail.com);

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, [andreandors@gmail.com](mailto:andreandors@gmail.com);

<sup>4</sup> Doutor do PPGEQ da Universidade Federal de Campina Grande, [howard\\_william@uol.com.br](mailto:howard_william@uol.com.br)

<sup>5</sup> Valderi Duarte Leite, Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC - USP, [mangabeiraleite@gmail.com](mailto:mangabeiraleite@gmail.com)

No Brasil, são coletadas diariamente cerca de 260.000 toneladas de resíduos sólidos urbanos. Desse montante, cerca de 35.000 toneladas são levadas para aterros sanitários que produzem subprodutos como biogás e lixiviado (LEITE et al., 2011).

A utilização de aterros sanitários como método de disposição final de resíduos é atualmente a metodologia mais viável que municípios e órgãos governamentais dispõem. Essa técnica de disposição de resíduos sólidos é a que apresenta menor custo e é a mais recomendada ambientalmente quando se tem área disponível e poucos recursos financeiros. Porém nos aterros há a geração de contaminantes como o chorume que, por possuir alto potencial de contaminação, se apresenta como um problema ambiental (TELLES, 2010).

Lixiviado de aterro sanitário é um efluente altamente poluído que consiste de compostos orgânicos xenobióticos tóxicos, taninos, ácidos graxos, ácidos húmicos e fúlvicos, etc. Alta demanda química de oxigênio ( $5000-20.000 \text{ mgL}^{-1}$ ) e baixas razões de  $\text{DBO}_5/\text{DQO}$  (menos de 0,1) ou  $\text{DBO}_5/\text{NH}_4^+-\text{N}$  indicam a presença de uma quantidade significativa de material biologicamente inerte. O componente inorgânico encontrado em altas concentrações é nitrogênio amoniacal N ( $3000-5000 \text{ mg.L}^{-1} \text{ NH}_4^+-$  ou  $\text{NH}_3-\text{N}$ ) (NAVEEN et al. 2016). Metais pesados tóxicos comuns no lixiviado são Ag, Hg, Cd, Mn, Cu e Zn (KUMARI et al. 2016).

Atualmente, as técnicas mais utilizadas para o tratamento de lixiviados são baseadas em sistemas biológicos e em processos de coagulação/floculação. Estes métodos, bastante difundidos no Brasil, apesar de proporcionarem redução significativa da matéria orgânica apresentam-se ainda insuficientes para a adequação desses efluentes, em muitas situações, aos padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011 (PERTILE, 2013).

O uso de sistemas de algas imobilizadas tendo em vista a remoção de nutrientes de águas residuárias, é uma tecnologia muito atual e, que não requer grandes áreas e uso de produtos químicos, a exemplo dos sistemas de microalgas suspensas. Está sendo investigada, pois os resultados obtidos com o confinamento desses microrganismos são indicativos de remediação e qualidade sanitária destes recursos hídricos. Elas assimilam o fósforo inorgânico e o íon amônio, para seu metabolismo, e, através da fotossíntese, promovem condições ambientais para que se desenvolvam outros mecanismos de remoção química, tais como a sorção e a precipitação do fosfato na matriz.

Diante do exposto, este trabalho visou avaliar a eficiência da *Chlorella* sp. imobilizada em matriz de alginato de cálcio na remoção de nitrogênio amoniacal em biorreator alimentado em fluxo contínuo.

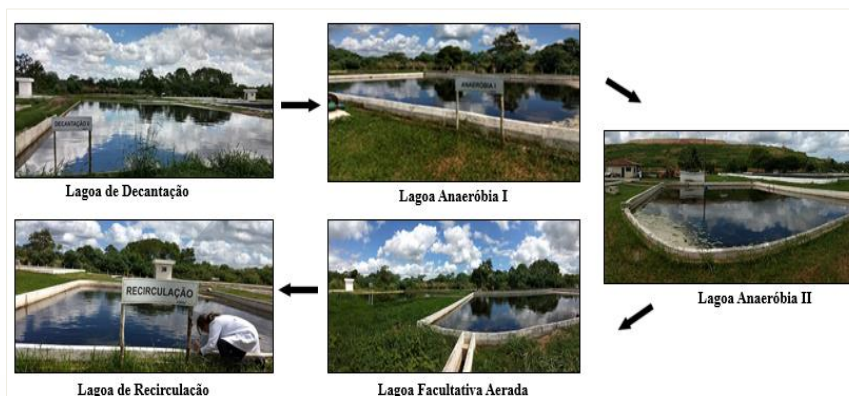
## METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido nas dependências físicas da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES), pertencente à Universidade Estadual da Paraíba, situada no bairro do Tambor, na cidade de Campina Grande – PB.

O lixiviado de aterro sanitário (LAS) foi coletado antes da entrada do sistema de lagoas de tratamento do lixiviado, acondicionado em galões de polietileno de 50 litros, transportado até as dependências da EXTRABES para posteriormente ser caracterizado física e quimicamente. O aterro sanitário está localizado no Engenho Mussuré, Distrito Industrial, a 5 km da BR-101 na região metropolitana da cidade de João Pessoa – PB.

As amostras de lixiviado para estudo do fitoplâncton foram coletadas na entrada e saída de cada lagoa do sistema de tratamento lixiviado do aterro sanitário da cidade de João Pessoa ( $L_1$  = decantação,  $L_2$  = anaeróbia I,  $L_3$  = anaeróbia II,  $L_4$  = facultativa aerada e  $L_5$  = recirculação), acondicionadas em garrafas de polietileno de 2 L, fixadas em lugol acético na concentração final de 4%, mantidas a 4<sup>0</sup>C, preservadas da luz. Na Figura 1 estão apresentados os pontos de coleta de LAS para identificação do fitoplâncton das lagoas de estabilização do sistema de tratamento de lixiviado do aterro sanitário de João Pessoa-PB.

Figura 1: Pontos de entrada e saída de cada lagoa de tratamento de LAS do aterro sanitário de João Pessoa



Fonte: dados da pesquisa

### *Identificação*

Para identificação do fitoplâncton, 5 mL de LAS (2,5 afluentes e 2,5 efluentes de cada lagoa) foram transportados para cinco frascos erlenmeyers de 250 mL, contendo cada um, 100 mL de meio ASM-1 estéril, (Modificado de Gorham et al. 1964 e Zagatto e Aragão, 1992). As amostras foram colocadas em mesa agitadora marca ORBITAL com rotação 80 rpm, temperatura de 30<sup>o</sup>C e fotoperíodo de 24 horas. Transcorrido o período de 14 dias, procedeu-se a identificação, utilizando microscópio OLEMAN com lente de aumento de 400 vezes. O sistema de classificação para classes e gêneros seguiu recomendações de Bicudo e Menezes (2006), e, para as espécies foram utilizadas chaves de identificação específicas de cada grupo. A contagem do fitoplâncton foi realizada por câmara de Utermöhl capacidade de 2 ml da marca CIENLAB, pelo método da sedimentação de Utermöhl (1958).

### *Isolamento da Chlorella sp.*

O isolamento da *Chlorella* sp. foi realizado pelo método de ágar em placa preconizado por Guerrero III e Villegas (1982). As cepas de *Chlorella* sp. foram inoculadas em placas de Petri, pré-esterilizadas contendo Meio Basal Bold's-MBB (BISCHOFF e BOLD, 1963; BOROWITZKA, 1988) com 1,5% de ágar. As amostras foram mantidas em câmara de cultivo com temperatura de 27<sup>o</sup>C em fotoperíodo de 24 horas, sob iluminação de 4 lâmpadas fluorescentes, intensidade de fótons de 85  $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Passados 21 dias, foi realizado o isolamento usando pipeta de Pasteur. A observação do gênero algal foi procedida em microscópio invertido da marca Oleman em objetiva de 400x, sendo essa amostra unialgal repicada em frascos erlenmeyer contendo 50 ml de MBB. Aos 21(vinte e um) dias, as microalgas foram inoculadas em 100 mL de MBB e colocadas na mesa rotatória com 80 rev. Min<sup>-1</sup> em frascos erlenmeyer de 250 mL. Passados 7 dias, 32 mL de meio de cultivo foram ressuspensos em frascos erlenmeyer de 2L contendo 1600mL MBB.

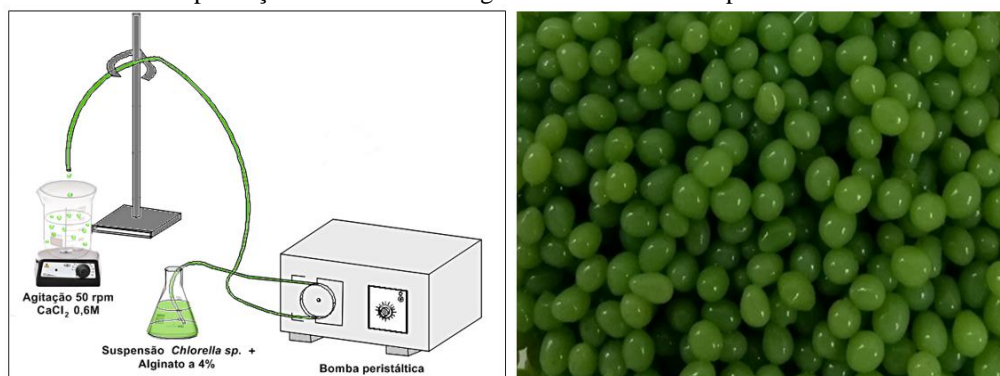
### *Imobilização*

Foi centrifugado 1,0 L de cultivo de células em centrífuga QUIMIS a 3500 rpm durante 15 minutos, até o volume concentrado de 100mL de extrato algal, que foi homogeneizado na solução polimérica de alginato na proporção 1:1. Posteriormente, a suspensão alga-alginato, foi aduzida através de um tubo de silicone de 100 cm e 4 mm de diâmetro, por uma bomba dosadora



peristáltica da marca MILAN conforme descrição realizada acima. Concluída a produção, as esferas foram deixadas imersas por 30 minutos na solução receptora ( $\text{CaCl}_2$ ), lavadas em água destilada, e mantidas nesse líquido. Na Figura 2 está apresentado o mecanismo de produção das algas imobilizadas e uma amostra destas.

Figura 2- Mecanismo de produção das esferas de alginato com *Chlorella* sp. imobilizada e amostra de esferas



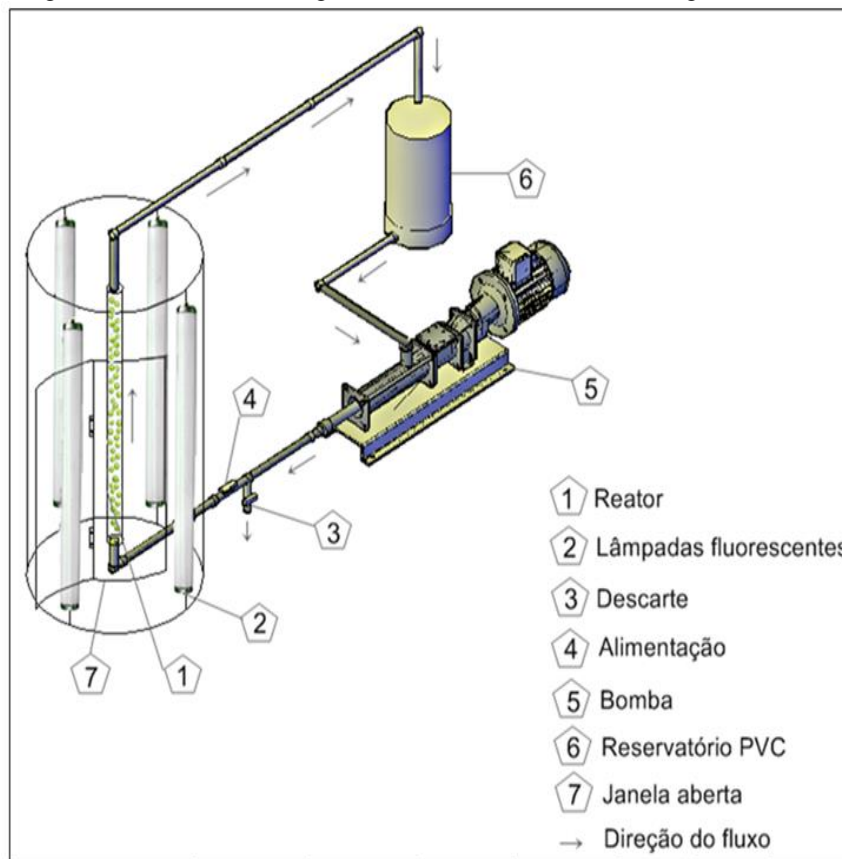
Fonte: dados da pesquisa

### Monitoração do Sistema

Foi projetado um biorreator tubular em vidro, visando remoção de nitrogênio amoniacal do substrato (Lixiviado de Aterro Sanitário- LAS) diluído em água destilada, para dois tratamentos; com e sem a adição de fosfato. Este, possuía capacidade de 92,7 mL, 29,5 cm de comprimento, 20 mm de diâmetro e volume útil 38 mL, sob iluminação de 4 lâmpadas fluorescentes ECOLUMÉ de 16 Watts e temperatura de 29<sup>0</sup>C. O biorreator foi recheado com 120 mL de esferas com *Chlorella* sp. imobilizada em matriz de alginato de cálcio, aproximadamente  $1,632 \times 10^3$  esferas ( $3,3 \text{ esferas/mL}_{\text{substrato}}$ ), massa de 88,58g e volume de 54,67 mL. O sistema foi conectado a uma bomba NEMO dosadora NM Micro da marca NETZSCH, acoplada a um Conversor de frequência MOVITRAC LTE-B, uma mangueira de 20 mm de diâmetro e um tanque de equalização de 30 cm de altura e 48 cm de circunferência.

Foram preparadas duas alíquotas de 120 mL de esferas com algas imobilizadas, para testes; com e sem suplementação de fosfato. O TDH adotado foi de 2 horas, vazão de alimentação de  $100 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ . Foram realizados 5 ensaios com o mesmo recheio com intervalos de 48 horas entre eles. O substrato apresentou concentração média afluyente de 80 de N-amoniacal  $\cdot \text{L}^{-1}$  para 5,8 mg  $\cdot \text{L}^{-1}$  de fosfato. O pH de entrada foi ajustado para valores entre 6,0 e 7,0 utilizando  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2 N. Na Figura 3 está apresentado o sistema de tratamento.

Figura 3- Biorreator com algas imobilizadas alimentado em regime contínuo



Fonte: dados da pesquisa

Ao término de cada ensaio, as esferas foram recolhidas e protegidas da luz, até realização do teste seguinte. O efluente tratado foi avaliado quanto ao pH, N- amoniacal e Turbidez, este último, com Turbidímetro MS TECNOPON TB1000P. Os parâmetros de caracterização do lixiviado e seus respectivos métodos analíticos seguiram o que está preconizado em APHA (2012). O Lixiviado aplicado na pesquisa filtrado em membranas de 0,45 e 0,22 $\mu$ m para estudos do íons em cromatógrafo iônico Dionex ICS-1100 da marca Thermo Scientific.

## DESENVOLVIMENTO

Aterro sanitário é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo que utiliza técnicas de engenharia civil e sanitária para espalhar, compactar e cobrir com terra diariamente esses resíduos, com o objetivo de proporcionar o confinamento seguro deles, evitando riscos à saúde pública e minimizando os impactos ao ambiente. Sua construção deve

impermeabilizar o solo para que o lixiviado não atinja os lençóis freáticos, contaminando as águas, deve também drenar o lixiviado, que deve ser retirado do aterro, e deve drenar os gases, principalmente o carbônico, o metano e o sulfídrico (CETESB, 2010).

Em lixiviados de aterros sanitários a forma predominante de nitrogênio, é o amoniacal. Segundo Khan e Mohammad (2014), o excesso de nitrogênio amoniacal no lixiviado pode desencadear o desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos, provocando a mortandade de peixes em decorrência da alta toxicidade deste, outra questão, refere-se ao enriquecimento dos meios aquáticos. Esta consequência é conhecida tradicionalmente como eutrofização, e tem se apresentado como um fenômeno bastante adverso à qualidade dos ecossistemas aquáticos, de difícil controle e remediação destes.

Neste aspecto, a aplicação da tecnologia das microalgas imobilizadas no tratamento de águas residuárias, busca investigar o papel destes microrganismos para a melhor qualidade sanitária destas antes de seu lançamento no meio ambiente. Segundo Mishra et al. (2018), a biorremediação usando microalgas, mais conhecida como fitorremediação, tem sido uma abordagem ecológica para combater a poluição ambiental, como o tratamento de águas residuárias. Na concepção de Kaparapu (2017), os sistemas de algas imobilizadas não produzem riscos para a saúde, são pouco impactantes ao meio ambiente, não produzem poluição secundária e seus produtos finais podem ser convertidos em subprodutos adicionais (como fertilizantes ou biocombustíveis) contribuindo para a redução dos custos.

Tam e Wong (2000) obtiveram eficiências de remoção de 100% de amônio e 94% de fosfato com *Chlorella vulgaris* imobilizada em esferas de alginato de cálcio, em comparação com 40% de amônia e 59% de remoção de fosfato com células livres.

Em estudo de Filippino et al. (2015) foi demonstrado o desempenho de microalgas imobilizadas para um sistema contínuo de tratamento de  $PO_4^{3-}$  com um máximo concentração entre 0,4 e 1,8 mg. L<sup>-1</sup>, com uma remediação de 60 a 100% em um teste de TRH de 12 horas e 0 a 40% em THS de 6,5 horas sob diferentes condições de iluminação e adição de CO<sub>2</sub>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lixiviado coletado antes da entrada no sistema de tratamento de LAS apresentou concentrações de nitrogênio amoniacal média de 2514 mg.L<sup>-1</sup> (Conforme Tabela 1), sendo em média 30 vezes superior à do esgoto, o que justifica a necessidade da redução deste poluente.

O pH do lixiviado esteve em torno de 8,1, favorecendo então a maior concentração de amônia ionizada em relação à amônia livre.

A magnitude dos sólidos totais, apresentou-se em torno de 16003 mg.L<sup>-1</sup>, representando 1,6% para 98,4% de água, valor 16 vezes maior que no esgoto, elevando muito a turbidez do resíduo, dificultando a passagem da luz para o processo fotossintetizante..

Na concepção de Leite et al. (2014), o lixiviado do aterro sanitário de João Pessoa, em comparação, com lixiviados produzidos em outros oito aterros sanitários do sul, sudeste e nordeste do Brasil, apresenta a maior concentração de nitrogênio e material carbonáceo. Na Tabela 1, está apresentada a caracterização física e química do LAS afluente na lagoa de decantação.

Tabela 1: Caracterização física e química do lixiviado afluente na lagoa de decantação.

PARÂMETRO	Magnitude
DQO total ( mgO <sub>2</sub> /L)	3647,8
DQO filtrada(mgO <sub>2</sub> /L)	2270,6
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	1163,2
NTK(mgN/L)	2710
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L)	2514
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	7,38
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ( mgNO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	-
ST (mg/L)	16003,3
STV ( mg/L)	5430
STF ( mg/L)	10573,33
SST(mg/L)	210
SSV(mg/L)	193,33
SSF(mg/L)	16,67
Ortofosfato(mg Orto-P/L)	14,184
Fósforo Total(mg/L)	18,03
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	3619,8
Na <sup>+</sup> (mg/L)	2301
K <sup>+</sup> (mg/L)	2000
Mg <sup>+</sup> (mg/L)	275,04
Ca <sup>++</sup> (mg/L)	626,46
pH	8,0

Fonte: dados da pesquisa

### *Remoção de N- amoniacal*

A análise dos dados da Tabela 2, nos possibilita inferir que as remoções médias variaram entre 24 e 48% para no sistema suplementado para 25 a 56% para o substrato sem



suplemento fosfático e concentração média de N-amoniaco de 83 mg.L<sup>-1</sup>. A massa média de nitrogênio removida em cada sistema foi respectivamente 81,9 e 75,5 mg- N.

Foram registrados incrementos de pH que variaram entre 0,3 e 1,0 , sugerindo atividade fotossintetizante. Paskualiakova et al. (2016), cultivaram *Clamydomonas* sp., em meio suplementado com fósforo. A microalga promoveu a redução de amônia de 93% e 54% para nitrato do lixiviado de aterro sanitário, indicando a importância da suplementação de fosfato para o equilíbrio químico algáceo, favorecendo ao processo fotossintético. Na Tabela 2, estão apresentados, as concentrações médias de nitrogênio amoniaco de entrada e saída e seus respectivos valores de pH dos ensaios com e sem a suplementação.

Tabela 2- Eficiência de remoção de N-amoniaco nos ensaios com e sem suplementação.

Entrada mg.L <sup>-1</sup> N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Entrada pH	Saída *(S) mg. L <sup>-1</sup> N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Saída *(NS) mg. L <sup>-1</sup> N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Saída pH- (S)	Saída pH- (NS)	Eficiência- Remoção (S)	Eficiência- Remoção (NS)
87	6,5	55	56	7,5	7,5	37%	36%
79	6,2	58	59	6,9	6,9	24%	25%
87	6,0	37	38	6,5	6,5	58%	56%
80	6,8	44	54	6,9	7,1	44%	33%
80	6,5	54	55	6,6	7,1	33%	31%

\*S- suplementado com fosfato

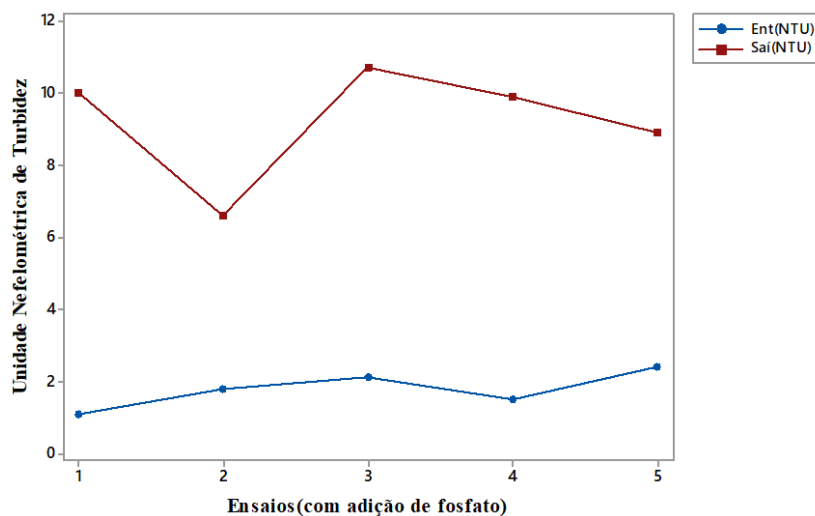
\*NS- Não suplementado com fosfato

A análise dos resultados são indicativos de que não existem diferenças significativas em relação à remoção de nitrogênio amoniaco nos dois tratamentos testados. De acordo com os dados de turbidez que estão apresentados na (Figura 4), no biorreator com suplementação de fosfato foram 35% maiores em comparação ao sem adição para todos os ensaios realizados, sendo em média 590 e 384% respectivamente. Isto pode ser explicado, pois além do fosfato presente no LAS bruto in natura de aproximadamente 18 mg. P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.L<sup>-1</sup>, ainda foi realizada a adição e, o fosfato atua como um quelante na matriz.

Silva et al. (2017), em estudo sobre desestruturação da matriz de alginato com *Chlorella* sp. imobilizada, em biorreator com volume de 1L e TDH de 5 horas, tratando efluente de filtro de areia para remoção de fósforo, obtiveram percentual de desgaste de 38,5% em 28 dias de monitoração. Corroborando com esse resultado, Lau et al. (1997) relataram que as

concentrações de cálcio encontradas em águas residuárias de biorreatores contendo esferas de alginato, aumentaram consideravelmente após a realização do experimento

Figura 4- Dados de turbidez em ensaios com suplementação de fostato.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A *Chlorella* sp. imobilizada em alginato de cálcio manteve seu metabolismo preservado e incorporou massa de nitrogênio presente no lixiviado de aterro sanitário, as esferas com *Chlorella* sp. imobilizada removeram entre 75 e 81 mg- N do lixiviado de aterro sanitário em 10 horas de monitoração;
- As diferenças de remoções de N-amoniaco nos dois tratamentos testados foram pouco significativas, contudo, o fostato foi desestruturante da matriz de alginato;
- O mecanismo de remoção podem ter ocorrido pela via química, adsorção na matriz polimérica ou biológica, por assimilação microalgácea;
- O tratamento do lixiviado de aterro sanitário aplicando algas imobilizadas imobilizadas é uma tecnologia promissora na recuperação de recursos e na geração de um resíduo com melhor qualidade sanitária.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION -APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th ed. **Washington, D.C.** 2012.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil: Chave para identificação e descrições. **Rima**. 508p. 2006.

BISCHOFF, H. W.; BOLD, H. C. Physiologic studies. IV. Some algae from Enchanted Rock and related algae species. **University of Texas Publications**, v. 6318,. p.1- 5.1963.

BOROWITZKA, M. A. Micro-algal Biotechnology Cambridge. **University Press**. Cambridge. 1988.

CETESB - **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/glossario/glossario\\_a.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/glossario/glossario_a.asp). Acesso em: 18 de setembro de 2019.

FILIPPINO, K, C; MULHOLLAND, M, R e BOTT,C,B; Phycoremediation strategies for rapid tertiary nutrient removal in waste stream. **Algal Research** 11 125-133.2015.

GORHAM, P.R.; MCLACHLAN, J.; HAMMER, U.T.; KIM, W.K. Isolation and culture of toxic strains of *Anabaena flos-aquae* (lyng) de Breb. **Verh. Int. Verein. Limnol.**, 15:796-804, 1964.

GUERRERO III, R.D; VILLEGAS, CT. Report of the training course on growing food organism for fish hatcheries. Philippines, South China Sea Fisheries Development/Coordinating Programam- 1982.

KAPARAPU, J. Micro algal Immobilization Techniques. **Journal of Biomass Utilization**. , 8(1): 64-70. 2017.

KHAN, M. N, e MOHAMMAD, F. “Eutrophication: Challenges and Solutions.” Em Eutrophication: Causes, Consequences and Control, **Volume 2. Dordrecht: Springer Science**, 2014.

KUMARI, M. POOJA, G , TRAKUR, I,S. “Landfill leachate treatment using bactoalgal co-culture: An integrated approach using chemical analyses and toxicological assessment.” **Ecotoxicology and Environmental Safety** 128, 44-51. 2016.

LAU, P. S.; TAM, N. F. Y.; WONG, Y. S. Wastewater nutrients (N and P) removal by carrageenan and alginate immobilized *Chlorella vulgaris*. **Environmental Technology**, v. 18, 945-951. 1997.

LEITE, V. D.; PEARSON, H. W.; SOUSA, J. T.; LOPES, W. S.; LUNA, M. L. The removal of ammonia from sanitary landfill leachate using a series of shallow waste stabilization ponds. **Water Science & Technology**, Oxford, v. 63, n.4, p. 666 - 670, 2011.

LEITE, V.D; BARROS, A.J.M; LOPES, W.S; SOUSA, J.T. ammonia Nitrogen desorption from sanitary landfill leachate in filling towers, **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.34, p.542-553, 2014.

MISHA, A., MEDHI, K., MAHESHWARI, N., SRIVASTAVA, S., TRAKUR, I, S., Biofuel production and phycoremediation by *Chlorella* sp. ISTLA1 isolated from landfill site. **Bioresource Technology**, 2018.

NAVEEN BP, MAHAPATRA DM, SITHARAM TG, SIVAPULLAIAH PV, RAMACHANDRA TV. Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate. **Environ Pollut** ;220:1–12. 2016.

PASKUALIAKOVA. A, TONRY.S, TOUZET.N, Microalgae isolation and selection for the treatment of landfill leachate. **WIT Transactions on Ecology on the Environment**, v. 209, .2016.

PERTILE, C. Avaliação de Processos de Separação por Membranas como Alternativas no Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário. Porto Alegre, RS: UFRS, 127 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química), **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre. 2013.

SILVA, M.C.C.P, LEITE, V.D, SOUSA, J.T. PEARSON, H.W. Remoção de nutrientes de efluente secundário oriundo de filtro de areia usando a microalga *Chlorella* sp. imobilizada em matriz de alginato de cálcio. **9º Encontro Internacional das Águas, Universidade Católica de Pernambuco**. 2017.

TAM, N, WONG Y. Effect of immobilized microalgal bead concentrations on wastewater nutrient removal. **Environ Pollut** 107(1), 145–151. 2000.

TELLES, C. A. S, Processos combinados para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário. Tese (Doutorado em Engenharia Química). **Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:<[http://fenix3.ufrj.br/60/teses/coppe\\_m/ClaudiaAnastaciaSantanaTelles.pdf](http://fenix3.ufrj.br/60/teses/coppe_m/ClaudiaAnastaciaSantanaTelles.pdf)> Acesso em: 22. out. 2019.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. **MitteilungenInternationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie** 9: 1-38. 1958.

ZAGATTO, P.A. & ARAGÃO, M.A. Implantação de métodos para avaliação de algas tóxicas. São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (**CETESB**). Relatório Técnico. 23p. 1992.