



II-831 – ANÁLISE DO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE AGREGADOS MICROALGAS-BACTÉRIAS EM LAGOAS DE ALTA TAXA NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Antonio Gustavo dos Santos Neto ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitário pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre e Doutor em Engenharia Civil (tecnologia ambiental e recursos hídricos), pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor Adjunto da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Josivaldo Rodrigues Sátiro

Engenheiro Ambiental e Sanitário pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Técnico em Mineração pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPB). Especialista em Perícia e Auditoria Ambiental (UNINTER). Mestre em Engenharia Civil (tecnologia ambiental e recursos hídricos) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Beira Interior, Portugal.

Anny Karoliny de Oliveira Barros

Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Germán Buitrón Mendez

Engenheiro Químico formado pela Faculdade de Química da Universidade Nacional Autónoma do México (UNAM). Mestre e Doutor em Engenharia de Tratamento de Água pelo Instituto Nacional de Ciências Aplicadas em Toulouse, França. Pesquisador nível 3 do Sistema Nacional de Pesquisadores do México. Professor dos programas de mestrado e doutorado em engenharia da UNAM.

Lourdinha Florêncio

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutora em Ciências Agrícolas e Ambiental pela Universidade de Wageningen - Holanda. Professora Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Endereço ⁽¹⁾: UFCG - Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 - Pereiros, Pombal - PB, 58840-000 – E-mail: antoniogustavo.santos@gmail.com

RESUMO

O tratamento eficiente do esgoto doméstico é fundamental para preservar a qualidade da água e mitigar os impactos ambientais adversos. As lagoas de alta taxa (LAT) representam uma opção de tratamento, devido à sua eficiência e baixo custo operacional. No entanto, um problema ainda enfrentado por esses sistemas é a sedimentação da biomassa, e a formação de agregados microalgas-bactérias vêm contribuir para solução desse problema. Nesse estudo foi avaliada a formação de agregados microalgas-bactérias sob diferentes condições operacionais. Foram operados dois sistemas experimentais (L1 e L2), sob diferentes condições como escala, característica do esgoto, temperatura, tempos de detenção hidráulica e de sólidos no entanto, ambos com a inoculação com lodos ativados. Foi observada a presença de gêneros filamentosos, como *Stigeoclonium sp.* e *Oscillatoria sp.*, contribuindo para a formação dos agregados em ambos os sistemas. Além disso, a eficiência de floculação foi avaliada, demonstrando valores satisfatórios (superior a 70%) em todas as condições estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Sedimentabilidade da biomassa, microalgas, bactérias, lagoas de alta taxa, esgoto doméstico.



As lagoas de alta (LAT) taxa podem ser definidas como uma adaptação das lagoas de estabilização que consiste em um sistema aberto, raso e dotado de rotores para movimentação da massa líquida com a finalidade de tratar o esgoto aliado ao cultivo de microalgas (García et. al, 2006).

Um dos desafios para melhorar o desempenho das LAT é a sedimentabilidade da biomassa e uma via biológica de produzir uma biomassa com maiores velocidades de sedimentação são os agregados microalgas-bactérias. Dessa maneira, podemos definir essas estruturas como um consórcio com a presença de fotoautótrofos, quimioautótrofos e heterotótrofos estáveis e unidos dentro de uma matriz de EPS (Xu et. al, 2020).

Isso posto, alguns trabalhos já se propuseram a estudar o processo de formação dos agregados. A presença de cianobactérias e/ou outras microalgas filamentosas é vista como parte presente da formação dos MABAs (ARCILA & BUITRÓN, 2016; HE et al., 2018; MILFERSTEDT et al., 2017; C. PARK & DOLAN, 2015). Arcila & Buitrón (2016) relatam a formação de uma estrutura com um agregado central, com predominância de diatomáceas e microalgas filamentosas anexadas a elas. Além disso, concluíram que, com o aumento desse núcleo de diatomáceas, obteve-se uma menor quantidade de filamentosas e um aumento da sedimentabilidade.

De forma a contribuir com as análises que vêm sendo realizadas o presente estudo avaliou esse processo em dois sistemas distintos, o primeiro com lagoas operando numa escala de 50L com recirculação da biomassa e um segundo numa escala 2,4 m³ sem recirculação da biomassa.

OBJETIVO DO TRABALHO

OBJETIVO GERAL

Avaliar a formação de agregados microalgas-bactérias em lagoas de alta taxa que tratam esgoto doméstico sob diferentes condições.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os gêneros de microalgas que participam do processo de formação dos agregados microalgas-bactérias.
- Avaliar os mecanismos envolvidos no processo de formação dos agregados.
- Determinar a sedimentabilidade dos agregados

MATERIAIS E MÉTODOS

Sistema experimental

Para avaliar o processo de formação dos agregados microalgas-bactérias sob diferentes condições foi investigada a operação de dois sistemas com distintas condições operacionais.

No primeiro sistema havia duas lagoas de alta taxa idênticas, construídas em fibra de vidro e alimentadas com esgoto doméstico pós tratamento primário. A estratégia para a formação dos agregados consistiu na inoculação com lodos ativados. A operação do sistema constituiu-se da realização de duas bateladas, de 22 dias cada e, após isso, regime contínuo com recirculação da biomassa. Foi adotado um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 6 dias e um tempo de retenção de sólidos (TRS) de 18 dias. As características das lagoas do sistema L1 e sua visualização podem ser vistas na Tabela e Figura a seguir.

Tabela 1 - Características do Sistema L1

Característica	Valor
Volume de trabalho (L)	60
Área Superficial (m ²)	0,26
Altura da Lâmina d'água (m)	0,16
Ciclos (claro:escuro) (h:h)	12:12
Velocidade da água (m.s ⁻¹)	0,2

**Figura 1 - Sistema de Lagoas L1**

O segundo sistema operacional (L2) consistiu em uma lagoa de alta taxa, também em fibra de vidro com área superficial de 8 m², altura útil de 0,3m, totalizando um volume útil de 2,4 m³. A alimentação da lagoa foi com esgoto doméstico tratado (pós UASB). Também foi utilizada como estratégia para a formação dos agregados a inoculação com lodos ativados. A operação também consistiu na realização de duas bateladas, após isso a lagoa foi colocada em regime contínuo, sem recirculação da biomassa, ou seja, o TDH igual a TRS (3,5±5 dias). O sistema L2 pode ser observado na figura a seguir.

**Figura 2 - Sistema operacional L2**

Esgoto Afluente

Como supracitado, os sistemas foram alimentados com esgoto doméstico com diferentes características, elas podem ser visualizadas nas tabelas a seguir.

Tabela 2 - Características do esgoto afluyente do sistema L1

Parâmetros	Batelada 1		Batelada 2		Contínuo	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
DQO (mg.L ⁻¹)	338	11,3	329 (2)	5,7	361	108,15
N-NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	63	2,5	34 (2)	1,4	75,8	6,32
SSV (mg.L ⁻¹)	86,1	3,9	131 (2)	5,7	206	98

Tabela 3 – Características do esgoto afluyente do sistema L2

Parâmetros	Batelada 1		Batelada 2		Contínuo	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
DQOt (mg/L)	153,1	16,2	330	0	163,4	41,2
DQOs (mg/L)	95,4	6,1	175,3	1,3	131,3	38,2
NTK (mg/L)	25,6	2,0	38,2	4,2	29,4	6,4
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	18,4	3,2	31,8	2,7	19,6	6,1
PT (mg/L)	3,3	0,9	5,7	0,8	4,4	1,4
SST (mg/L)	215,3	30,6	102,7	4,6	81,1	57,8
SSV (mg/L)	170	12,2	66,3	2,9	49,9	30,6

Procedimentos analíticos

A biomassa também foi observada e caracterizada qualitativamente, através de observações em microscópio óptico comum, com ampliações de 100x e 400x. Também através dessas observações foi feito o levantamento qualitativo da comunidade fitoplanctônica. Ademais, no sistema L2, foi feita a determinação da abundância relativa das microalgas, para isso, as amostras foram preservadas em solução de lugol a 5%, e a contagem das células ocorreu em microscópio invertido, após no mínimo 2h de sedimentação, com câmaras de Utermohl de 2 mL.

Para a determinação da sedimentabilidade (eficiência de floculação) da biomassa foi utilizada a mesma metodologia descrita por Oh et al., 2001 e Leong et al, 2018. Eram coletados 40 mL da amostra, completamente homogeneizada e deixada 20 min de repouso, a absorbância era medida antes e após no comprimento de onda de 650 nm, quando era verificado a porcentagem de redução da absorbância.

RESULTADOS

Processos de formação da biomassa

No sistema L1, as clorofíceas foram as primeiras microalgas a colonizarem as lagoas, tanto de forma isolada como agregada. Após 16 dias de funcionamento, observou-se a formação de grânulos contendo *Stigeoclonium* sp. A partir do 35º dia até o final da operação, verificou-se a coexistência de clorofíceas, cianobactérias e diatomáceas, associadas a grânulos bem definidos. Entre os dias 64 e 69, ocorreu um aumento no número de larvas de Quironomídeos, levando à parcial desintegração da biomassa.

No sistema L2, o crescimento de microalgas e agregados microalga-bactérias só se manifestou a partir da segunda batelada (13º dia), acompanhado pela redução na concentração de sólidos no meio, que inicialmente era de cerca de 500 mg/L. Na fase inicial da formação dos agregados, foram identificadas microalgas filamentosas, principalmente cianobactérias do gênero *Oscillatoria* sp. A coloração dos agregados variou entre

verde-amarelado e verde, refletindo a composição dos três grupos de microalgas presentes na biomassa: clorófitas, cianobactérias e diatomáceas.

Próximo aos 100 dias de operação do sistema L2, ocorreu uma perda de biomassa devido a um supercrescimento de *Daphnia* sp. Posteriormente, Após a recuperação da biomassa, a presença do gênero *Stigeoclonium* sp. foi identificada entre os dias 105 e 110, quando o sistema estava praticamente sem biomassa algal e com o licor misto clarificado. A identificação inicial desses organismos ocorreu visualmente no local e posteriormente confirmada por meio de microscopia.

Nas Figuras a seguir, podemos observar a microalgas do gênero *Stigeoclonium* sp. formada no sistema L1 e L2 (Figuras 1 e 2), Agregados maduros nos sistemas L1 e L2 (Figuras 3 e 4), Larvas de Quironomídeos do sistema L1 (Figura 5) e *Daphnia* sp. do sistema L2 (Figura 6).

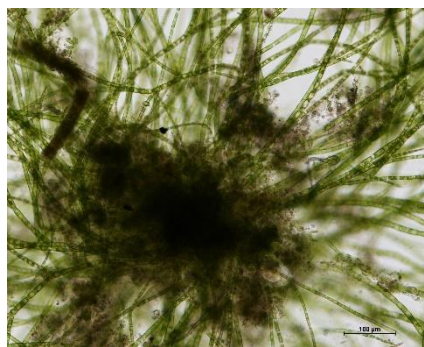


Figura 3 – *Stigeoclonium* sp. identificado no sistema L1

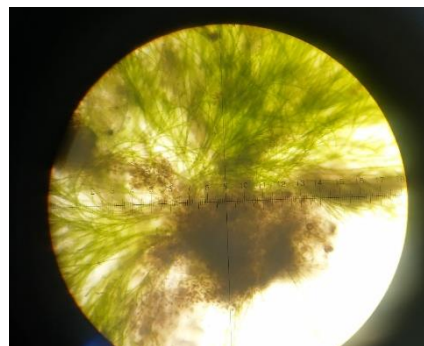


Figura 4 – *Stigeoclonium* sp. identificado no sistema L2



Figura 5 – Larva de Quironomídeos observa no sistema L1



Figura 6 – Daphnia sp. identificada no sistema L2

Sedimentabilidade da biomassa

Este estudo também constatou que a eficiência de floculação para culturas puras de microalgas foi de $1,23 \pm 0,0\%$, evidenciando claramente o efeito positivo das bactérias na sedimentação das microalgas.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos esse trabalho conclui que:

- A estratégia de inoculação de lagoas com lodos ativados foi eficiente para formação de agregados microalgas-bactérias sob condições distintas
- As estruturas filamentosas foram participantes dos processos de formação de agregados microalgas-bactérias sob todas as condições estudadas, destacando-se os gêneros *Oscillatoria* sp. e *Stigeoclonium* sp
- Em todas as condições estudadas houve uma etapa de desintegração da biomassa, em decorrência da predação
- Foi possível desenvolver agregados com eficiência de floculação superior a 70% em todas as condições estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCILA, J. S.; ARCILA, J. S.; BUITRÓN, G. Microalgae-bacteria aggregates : Effect of the hydraulic retention time on the municipal wastewater treatment , biomass ... Microalgae – bacteria aggregates : effect of the hydraulic retention time on the municipal wastewater treatment , biomass settleabi. n. November, 2016. ARCILA, J. S.; BUITRÓN, G. Influence of solar irradiance levels on the formation of microalgae-bacteria aggregates for municipal wastewater treatment. *Algal Research*, v. 27, n. March, p. 190–197, 2017

ARASHIRO, L. T. et al. Bioresource Technology The effect of primary treatment of wastewater in high rate algal pond systems : Biomass and bioenergy recovery. *Bioresource Technology*, v. 280, n. November 2018, p. 27–36, 2019.

BUITRÓN, G.; CORONADO-APODACA, K. G. Influence of the solids retention time on the formation of the microalgal-bacterial aggregates produced with municipal wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, v. 46, abr. 2022.

HENDE, S. VAN DEN et al. Bioresource Technology Treatment of industrial wastewaters by microalgal bacterial flocs in sequencing batch reactors. v. 161, p. 245–254, 2014.



HENDE, S. VAN DEN et al. Bioresource Technology Technical potential of microalgal bacterial floc raceway ponds treating food-industry effluents while producing microalgal bacterial biomass : An outdoor pilot-scale study. v. 218, p. 969–979, 2016.

LEONG, W. H. et al. Co-cultivation of activated sludge and microalgae for the simultaneous enhancements of nitrogen-rich wastewater bioremediation and lipid production. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v. 87, p. 216–224, 2018b.

MILFERSTEDT, K. et al. Biogranules applied in environmental engineering. International Journal of Hydrogen Energy, v. 42, n. 45, p. 27801–27811, 2017.

MONTEMEZZANI, V. et al. Zooplankton community influence on seasonal performance and microalgal dominance in wastewater treatment High Rate Algal Ponds. Algal Research, v. 17, p. 168–184, 2016.

OH, H. et al. Harvesting of *Chlorella vulgaris* using a bioflocculant from *Paenibacillus* sp . AM49. p. 1229–1234, 2001.

PINDER, L. C. V. Biology of freshwater Chironomidae. Annual review of entomology. Vol. 31, n. 123, p. 1–23, 1986.

SUTHERLAND, D. L.; TURNBULL, M. H.; CRAGGS, R. J. Environmental drivers that influence microalgal species in fullscale wastewater treatment high rate algal ponds. Water Research, v. 124, p. 504–512, 2017.

XU, Y. et al. Using Microbial Aggregates to Entrap Aqueous Phosphorus. Trends in Biotechnology, p. 1–12, 2020.