

UTILIZAÇÃO DE MICROALGAS NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA LÁCTEA

LAIANE VENTURA FERREIRA¹, BRAULIO CRISANTO CARVALHO CRUZ², DENISE ARAÚJO DA SILVA³, LENITA DA SILVA FARIAS⁴, TÂMARA DAMARYS MELO DA SILVA⁵

¹ Graduanda em Engenharia Agronômica, IFAL/Campus Piranhas, Piranhas AL - CEP: 5746-0000, lvf4@aluno.ifal.edu.br.

² Professor Dr. Do Instituto Federal de Alagoas, IFAL/Campus Piranhas, Piranhas AL - CEP: 5746-0000, Braulio.cruz.@ifal.edu.br.

³ Professor Me. Do Instituto Federal de Alagoas, IFAL/Campus Piranhas, Piranhas AL - CEP: 5746-0000, Denise.araujo@ifal.edu.br.

⁴ Graduanda em Engenharia Agronômica, IFAL/Campus Piranhas, Piranhas AL - CEP: 5746-0000, lsf18@aluno.ifal.edu.br.

⁵ Graduanda em Engenharia Agronômica, IFAL/Campus Piranhas, Piranhas AL - CEP: 5746-0000, tdms3@aluno.ifal.edu.br.

RESUMO: Nos últimos anos, as microalgas têm sido alvo de estudos devido à sua versatilidade industrial e por serem potenciais fontes de energia, especialmente na biorremediação de efluentes. O soro de leite, quando mal destinado pela indústria de laticínios, pode causar impactos ambientais significativos devido às suas altas cargas orgânicas poluindo corpos d'água e o solo. As microalgas, por sua composição bioquímica, podem converter nutrientes presentes no resíduo em biomassa útil. Esta pesquisa teve como objetivo analisar o soro como fonte de nutricional para microalgas, visando reduzir as cargas orgânicas e produzir biomassa para aplicações industriais. Realizado no IFAL Campus Piranhas, durante o estudo foram testadas concentrações de soro de 2%, 4%, 6% e 8%, com 6% apresentando melhor desempenho. Em um experimento subsequente, três reatores com 6% de soro foram comparados ao uso de NPK líquido, com aplicações semanais durante um mês. Ao final, todas as algas estavam vivas, indicando que o soro de leite pode ser uma alternativa promissora na biorremediação e produção de biomassa.

Palavras-chave: Biorremediação, microalga, Efluente, Biomassa.

USE OF MICROALGAE IN THE TREATMENT OF DAIRY INDUSTRY WASTE

ABSTRACT: In recent years, microalgae have been the target of studies because of their industrial versatility and because they are potential sources of energy, especially in the bioremediation of effluents. Whey, when misused by the dairy industry, can cause significant environmental impacts because of its high organic loads, which pollute water bodies and soil. Owing to their biochemical composition, microalgae can convert nutrients present in the residue into useful biomass. This project aimed to analyze whey as a nutritional source for microalgae, aiming to reduce organic loads and produce biomass for industrial applications. At the IFAL Campus Piranhas, serum concentrations of 2%, 4%, 6% and 8% were tested, with 6% performing best. In a subsequent experiment, three reactors with 6% serum were compared to those with liquid NPK, with weekly applications for one month. In the end, all the algae were alive, indicating that whey can be a promising alternative for bioremediation and biomass production.

Keywords: Bioremediation, microalgae, effluent, Biomass.

1 INTRODUÇÃO

A água potável é um recurso indispensável que vem diminuído nos últimos tempos devido a ação humana, decorrente disto, vários métodos para o tratamento de efluentes vem sendo pensados para que esses resíduos tenham um destino adequado, evitando a contaminação de corpos d'água e do solo. Uma dessas alternativas pode ser através da utilização de microalgas, visto que estas diminuem as cargas químicas consideradas contaminantes (Castro *et al.*, 2020).

As microalgas são organismos fotossintetizantes capazes de fazer a absorção de determinados elementos em meio de cultivo para suprir suas necessidades nutricionais e transformá-los em bioproductos, permitindo a utilização destas no tratamento de efluentes. Essa capacidade de absorção proporciona a diminuição de metais pesados, remoção de bactérias coliformes, retirada de nitrogênio e/ou potássio e também a diminuição de DQO (demanda química de oxigênio) comumente encontrado no soro do leite e em outros resíduos tornando as microalgas uma opção alternativa para o tratamento do efluente (Abdelraouf; Al-homaidan; Ibraheem, 2012).

Além de que a importância das microalgas para a manutenção do oxigênio na atmosfera é indispensável, a eficiência na liberação de O₂ pelas microalgas é muito superior ao de outros seres fotossintetizantes, podendo até ser considerada a mais eficiente, sendo capaz de ser uma remediadora para problemas como a emissão de gases na atmosfera e permitir ainda sua utilização como fonte de energia (Pina *et al.*, 2021).

O soro do leite é um subproduto proveniente da indústria de laticínios produzido em grande escala no Brasil, apesar de boa parte ser aproveitada para a fabricação de produtos, ainda existe a necessidade de métodos de utilização mais eficientes. O principal problema é a toxicidade do resíduo devido a sua alta carga orgânica, sendo extremamente nocivo quando descartado no meio ambiente (Soares; Vendramel; Souza, 2021). Em torno de 40% do soro produzido no Brasil tem um destino inadequado e acaba sendo descartado no meio

ambiente, acredita-se que só 15% do resíduo produzido é utilizado para a fabricação de novos produtos (Alba; Morioka; Suguimoto, 2021). Segundo Lira *et al.* (2009) devido a sua elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) sua capacidade de poluição pode ser considerada até 100 vezes maior comparada aos efluentes provenientes de esgotos domésticos.

Porém, também podemos encontrar na sua composição quantidades consideráveis de β-lactoglobulina, lactoperoxidase, glicomacropeptídeo, α-lactalbumina, imunoglobulina, albumina sérica bovina, lactoferrina, entre outras enzimas biologicamente ativas (Velemir *et al.*, 2020), ou seja, praticamente metade dos nutrientes encontrados originalmente no leite, o que o torna um resíduo bastante rico em proteínas e nutrientes.

Acredita-se que as microalgas são uma opção ímpar como solução energética, visto que estas produzem oxigênio fixam carbono e fazem a biorremediação de águas residuais como a de “águas contaminadas pelas indústrias de laticínios, cervejarias, agroindústrias, esgotos domésticos, dentre outros.” (Paula; Chagas; Mendonça, 2023). Pesquisas demonstram a remoção de cerca de ≥60% de nitrogênio e de ≥90 fósforo em água residual, principalmente na fase de crescimento exponencial, também há a diminuição de vários outros macro e micronutrientes dependendo do gênero da microalga como levantado por Dias *et al.* (2019).

Microalgas estão presentes em diversos ambientes aquáticos de água doce e salgada, estas são responsáveis por boa parte da fixação de CO₂ presente na atmosfera, além também de conseguir fazer a retirada de matéria orgânica e metais tóxicos de efluentes. No seu desenvolvimento alguns elementos indispensáveis são o carbono, nitrogênio e fósforo (Vonshak, 1997), efluentes que contém concentrações significativas desses compostos com um ambiente favoráveis de fatores físico-químicos como temperatura, luminosidade, salinidade, PH e disponibilidade de CO₂ pode promover uma boa ampliação desses

organismos, pois seu crescimento é diretamente influenciado por estes fatores (Schmitz; Magro; Colla, 2012).

A biomassa resultante pode ser aplicada em diversas áreas da indústria, como na área de cosméticos e alimentação pois é rica em nutrientes e substâncias terapêuticas. Apesar disso, ainda há poucos países que investem em produtos alimentícios enriquecidos com a biomassa microalgal, o que se torna uma oportunidade de investimento para inovação de produtos alimentícios funcionais (Almeida *et al.*, 2017). Outro seguimento que vem sendo bastante explorado é a utilização da biomassa na agropecuária, na agricultura por exemplo, temos a utilização da biomassa como biofertilizante para melhorar a produtividade de culturas exigentes, isso decorre da presença de nutrientes de fácil absorção para as plantas (Albuquerque *et al.*, 2024).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no laboratório de zootecnia do Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus Piranhas, em ambiente controlado para temperatura, oxigenação e tempo de exposição à luminosidade, da forma mais adequada para o bem estar da cultura. A temperatura ficou média se estabeleceu entre 28+- 1°C durante a manhã e 31+- 1°C no período da tarde, a oxigenação era ativada por 30 minutos contínuos e desligada por 30 minutos, a luminosidade era ativada numa relação 12/12, 12 horas ligadas e 12 desligada.

Figura 1. Teste de 4 tipos de concentração de soro de leite, T1: 2%; T2: 4%; T3:6%; T4: 8%; afim de encontrar uma concentração adequada para o crescimento microalgal.



Fonte: arquivo pessoal (2024).

A preocupação com o destino de resíduos industriais e domésticos é bastante crescente devido aos impactos ambientais causados por esses efluentes quando não tratados, existe ainda a crescente demanda de pesquisas que avaliem o cultivo de microalgas a partir da utilização desses resíduos, identificando assim algum possível potencial (Postaue; Morais; Asmus, 2020).

Tendo em vista as necessidades nutricionais das microalgas e a composição química do soro do leite, essa pesquisa se propôs a analisar a possibilidade de uma relação simbiótica entre os dois, utilizando o soro do leite como meio de cultivo e ao mesmo tempo promovendo o seu tratamento, como resultado espera-se obter uma biomassa de alto valor energético agregado, contribuindo para a diminuição do impacto ambiental do efluente.

A microalga utilizada foi a *Chlorella spp.* (chlorella) em 2 repetições (biorreator).

Para o estudo, foram analisadas diferentes concentrações de soro de leite (tratamentos), sendo estes: T1: 2%, T2: 4%, T3: 6%, T4: 8% de soro de leite e T5 controle (NPK 10:10:10, comercial líquido), (T= tratamento). Em biorreatores com capacidade de 5 litros, utilizando a porcentagem do referente tratamento de solução *Start*, 2 litros com a microalga e completado com 3 litros (aproximadamente) de água filtrada.

O experimento teve duração de 30 dias e buscou encontrar uma dose que favorecesse a sobrevivência e crescimento microalgal.

Ao fim do teste de concentrações foi selecionado a concentração que mais se mostrou promissora para a replicação, este ensaio buscou comparar o soro na concentração que mais se destacou ao NPK (reatores controle) como forma de nutrientes para as microalgas, assim foi utilizado 2 reatores com a solução comercial e 3 reatores com a solução alternativa (soro), sendo que os reatores controle recebiam uma dose de 0,07% de NPK (2 ml) e os do soro recebiam uma dose de 6% (180ml), utilizando um volume de 3 litros, 2 litros da microalga, mais a solução nutritiva e o restante do volume completado com água filtrada.

Figura 2. Tratamento 1 e 2 do teste de concentração morreram durante a primeira semana possivelmente por baixa concentração de nutrientes.



Fonte: arquivo pessoal (2024).

Após cerca de três dias da replicação do terceiro tratamento todos os 6 reatores morreram, o que abriu espaço para investigações e hipóteses a serem levantadas. Foi-se replicada mais uma vez com a mesma concentração de soro e felizmente se manteve viva durante todo o processo de experimento. A primeira tentativa de replicação do 3 tratamento não teve êxito provavelmente devido à presença de cloro na água que foi adicionada ao reator, pois como explica Neto e Neycombe (2017) o cloro é um forte agente oxidante que leva a ruptura celular e por isso é eficiente para a remoção de cianobactérias presentes em locais indesejados.

Segundo Bastos *et al.* (2010) as microalgas apresentam forte absorção e conversão de nitrogênio em biomassa, também se enfatiza a utilização bastante considerável do fósforo. Já em relação ao residido da indústria láctea sua caracterização é dada por taxas elevadas de carbono, nitrogênio e fósforo

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de concentração foi executado durante o período de 30 dias, na primeira semana as concentrações de 2 e 4% foram descartadas, pois não resistiram, a provável justificativa é que a concentração do soro de leite não foi o necessário para mantê-las vivas ou suprir sua demanda nutricional. Após duas semanas de reaplicação da dose de 6% e 8%, o tratamento 4 (concentração de 8%) apresentou fermentação o que ocasionou a morte microalgal. Restando assim o T3, que resistiu as 4 aplicações.

Wang; Huang; Yuan, 2005). Tais características fazem o resíduo uma ótima fonte de cultivo.

O segundo ensaio utilizando a concentração do tratamento 3 teve êxito, e se permaneceu estável durante todo o processo de teste. Ao todo, esse tratamento recebeu 4 doses de soro de leite e uma dificuldade presente foi o aumento de volume nos reatores. Ao fim dos trinta dias os reatores que utilizaram o soro de leite como fonte nutricional apresentaram uma maior concentração de sólidos em comparação aos reatores que utilizaram-se da solução comercial em uma análise visual, além de que após 5 dias da aplicação da dosagem do soro o odor forte que se apresentava durante os primeiros dias desaparecia como se as microalgas fizessem um detox e retirassem esse odor desagradável do soro, possivelmente ocorreu pela ação de biorremediação das microalgas atuando na remoção das altas cargas orgânicas. Demonstrando que o soro pode ser

uma alternativa viável para a produção de biomassa microalgal.

4 CONCLUSÕES

Esta presente pesquisa que se propôs analisar as microalgas como potenciais biorremediadores do soro do leite, concluiu, que o soro pode ser utilizado como fonte alternativa de nutriente e a biomassa resultante demonstra mais sólidos presentes que a biomassa resultante da utilização da solução nutricional comercial. Porém, são necessários estudos com resultados mais precisos em questão de valores de remoção de cargas orgânicas, geração de biomassa, concentrações mais eficientes do efluente, variedades de microalgas com melhor poder de absorção, etc. Com isso a utilização de microalgas no tratamento do soro se tornará uma proposta mais promissora devido a evidências concisas, e quem sabe utilizadas por industrias.

5 AGRADECIMENTOS

O presente projeto foi desenvolvido com o apoio financeiro do Instituto Federal (IFAL) por meio do programa institucional de bolsas de iniciação em desenvolvimento tecnológico e inovação (Pibiti), que foi essencial para a efetivação do projeto.

Também gostaria de agradecer ao meu orientador Dr. Braulio Crisanto Carvalho da Cruz por acolher a ideia e me guiar nessa pesquisa, e ainda, por toda a paciência e ensinamentos durante esse período. E aos colegas Lenita da Silva Farias, Tâmara Damarys Melo da Silva, Carlos Henrique Barbosa Varjão, Paula C. Santos, Marciele Muniz dos Santos, entre outros, que me ajudaram na execução do projeto.

6 REFERÊNCIAS

ABDELRAOUF, N.; ALHOMAIDAN, A. A.; IBRAHEEM, I. B. M. Microalgae and wastewater treatment. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Riyadh, v. 19, n. 3, p. 257-275, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.04.005>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X12000332?via%3Dihub>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ALBA, C. F.; MORIOKA, L. R. I.; SUGUIMOTO, H. H. Potencial Biotecnológico da Microalga Chlorella vulgaris para a Produção de β-galactosidase. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, Araxá, v. 25, n. 3, p. 328-336, 2021. Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaiociecia/article/view/8460/6000>. Acesso em: 9 jan. 2025.

ALBUQUERQUE, K. G.; GUERRA, W. D.; OLIVEIRA, F. C.; CHIESA, J. E. G.; MARTINS, A. M.; BATISTA, A. C. F. Aplicação da biomassa da microalga Chlorella sp. como biofertilizante no cultivo de *Raphanus sativus* L. **Research, Society and Development**, Pouso Alegre, v. 13, n. 1, p. e4013144739, 2024. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/44739/35746>. Acesso em: 9 jan. 2025.

ALMEIDA, L. M. R.; SOUZA, C. O.; RIBEIRO, P. L. L.; DRUZIAN, J. I.; MIRANDA, M. S. Estudo prospectivo sobre produtos alimentares incorporados de biomassa de microalgas. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 4, p. 893-893, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/23053/23053>. Acesso em: 9 jan. 2025.

BASTOS, R. G.; SEVERO, M.; VOLPATO, G.; JACOB-LOPES, E.; ZEPKA, L. Q.; QUEIROZ, M. I. Bioconversão do nitrogênio do efluente da parboilização do arroz por incorporação em biomassa da cianobactéria *Aphanthece microscopica* Nägeli. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 258-264, 2010.

CAPELO NETO, J.; NEYCOMBE, G. Oxidação de cianobactérias e seus metabólitos em sistemas de tratamento de água: o estado da arte. **Engenharia sanitária e ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 829-840, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413->

41522017148174. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/QxkRzHjJvXWHVqTDXGK4pSn/?lang=pt>. Acesso em: 19 ago. 2024.

CASTRO, A. A.; KONRAD, O.; MARDER, M.; GUERINI FILHO, M. Cultivo de microalgas para tratamento de águas residuais: revisão de literatura. **Revista Geama**, Recife, v. 6, n. 2, p. 60-71, 2020. Acesso em: 11 mar. 2025.

DIAS, G.; HIPÓLITO, M.; SANTOS, F.; LOUREGA, R.; MATTIA, J. D.; EICHLER, P.; ALVES, J. Biorremediação de efluentes por meio da aplicação de microalgas-uma revisão. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 891-899, 2019. Disponível em: <https://quimicanova.sbn.org.br/pdf/RV20190121>. Acesso em: 9 fev. 2025.

LIRA, H. L.; SILVA, M. C. D.; VASCONCELOS, M. R. S.; LIRA, H. L.; LOPEZ, A. M. Q. Microfiltração do soro de leite de búfala utilizando membranas cerâmicas como alternativa ao processo de pasteurização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Maceió, v. 29, n. 1, p. 33-37, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/GZBBZ7WkpV6zhR3yZHfKDGR/?lang=pt>. Acesso em: 11 mar. 2025.

PAULA, S. F. D. A.; CHAGAS, B. M. E.; MENDONÇA, R. A. Utilização de microalgas para o tratamento de efluentes e produção de biocombustível: uma revisão. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v. 12, n. 25, p. 64-93, 2023. Disponível em: <https://revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/1102>. Acesso em: 9 fev. 2025.

PINA, L. C. C.; LIRA, E. B.; COSTA, M. H. J.; PEREIRA, D. A.; VARANDAS, R. C. R.; ALMEIDA, P. M.; COSTA-SASSI, C. F. Avaliação de um sistema de cultivo de microalgas com um mix de fotobiorreatores tubular e de placas paralelas, para produção de

biomassa de microalgas em meios de cultura alternativos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 37734-37777, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/28104/22251>. Acesso em: 9 fev. 2025.

POSTAUE, N.; MORAES, L. C.; ASMUS, R. M. F. Chorume como fonte de nutriente na produção da biomassa microalgal. **e-Xacta**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 11-19, 2020. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/2746/1463>. Acesso em: 9 fev. 2025.

SCHMITZ, R.; MAGRO, C. D.; COLLA, L. M. Aplicações Ambientais de Microalgas. **Revista CIATEC-UPF**, Passo Fundo, v. 4, n. 1, p. 48-60, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5335/ciatec.v4i1.2393>. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/ciatec/article/view/2393>. Acesso em: 9 fev. 2025.

SOARES, B. C. V.; VENDRAMEL, S. M. R.; SOUZA, S. L. Q. Soro de leite: uma visão ambiental. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 31-40, 2021.

VELEMIR, A.; MANDIĆ, S.; VUČIĆ, G.; SAVANOVIĆ, D. Effects of non-meat proteins on the quality of fermented sausages. **Foods and Raw materials**, Banja Luka, v. 8, n. 2, p. 259-267, 2020. Disponível em: <https://jfrm.ru/files/archive/16/Velemir.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2025.

VONSHAK, A. **Spirulina platensis (Arthrospira) Physiology, cell-biology and biotechnology**. London: Taylor & Francis, 1997.

WANG, Y.; HUANG, X.; YUAN, Q. Nitrogen and carbon removals from food processing wastewater by an anoxic/aerobic membrane bioreactor. **Process Biochemistry**, Pequim, v. 40, p. 1733-1739, 2005.