



Cama de aviário como meio de cultivo alternativo para produção de microalgas: Uma revisão sistemática da literatura utilizando a metodologia *Methodi Ordinatio*

Poultry litter as an alternative culture medium for microalgae production: A systematic review of the literature using the *Methodi Ordinatio* methodology

Sofia de Souza Oliveira (orientado)*, Andréia Anschau (orientador)†

RESUMO

A produção de microalgas em larga escala ainda não é predominante no país. O alto valor envolvido torna este setor pouco atrativo e formas de reduzir os custos envolvidos devem ser investigados. Uma das alternativas é utilizar resíduos agrícolas como fonte de nutrientes para o crescimento destes microrganismos tendo em vista que os meios de cultivos sintéticos representam uma parte significativa dos gastos de produção. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise sistemática da literatura com o auxílio da metodologia *Methodi Ordinatio*, a fim de investigar o potencial de utilização deste resíduo como substrato microalgal. Como resultado, os artigos mostram que a cama de aviário é um substrato para microalgas promissor quando comparada a cultivos em meio sintético, aumentando variáveis como quantidade de biomassa e lipídios. Já que é um subproduto gerado em grandes quantidades no país a cama de aviário poderia servir como substituto ao meio de cultura sintético para o cultivo de microalgas em larga escala em território nacional.

Palavras-chave: Microalga, Cama de aviario, *Methodi Ordinatio*, Revisão sistemática da literatura.

ABSTRACT

Large-scale production of microalgae is not yet prevalent in the country. The high value involved makes this sector unattractive and ways of reducing the costs involved should be investigated. One of the alternatives is to use agricultural waste as a source of nutrients for the growth of these microorganisms considering that synthetic culture media represent a significant part of the production expenses. Thus, this work aimed to perform a systematic literature review with the aid of the *Methodi Ordinatio* methodology to investigate the potential use of this waste as microalgal substrate. As a result, the articles show that poultry litter is a promising substrate for microalgae when compared to cultures in synthetic medium, increasing variables such as amount of biomass and lipids. Since it is a byproduct generated in large quantities in the country the poultry litter could serve as a substitute for synthetic culture medium for the cultivation of microalgae on a large scale in the national territory.

Keywords: Microalgae, Poultry litter, *Methodi Ordinatio*, Systematic literature review

* Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil; Oliveira.1997@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos; andreaanschau@utfpr.edu.br



1 INTRODUÇÃO

Microalgas são microrganismos fotossintetizantes com aplicações que vão desde tratamento de resíduos a produção de fármacos (DE BHOWMICK; SEN; SARMAH, 2019; FRANCO et al., 2013; SILVA et al., 2020), mas infelizmente seu cultivo em larga escala apresenta custos elevados devido aos materiais e equipamentos utilizados. Dentre os gargalos financeiros da produção de grandes quantidades de microalgas está a utilização de meios de cultivo sintéticos que podem variar de 25 a 280 reais o litro dependendo da microalga utilizada (UTEX CULTURE COLLECTION, 2015). Considerando que os cultivos de microalgas em larga escala podem chegar a centenas de litros, portanto encontrar formas de substituir os meios de cultura sintéticos por alternativas mais economicamente viáveis pode contribuir para a redução de custos neste setor, trazendo incentivo para o surgimento de novas empresas nesse ramo. O cultivo de microalgas em resíduos já foi realizado em alguns estudos (MENG et al., 2017; PSZCZÓŁKOWSKA et al., 2019) e indicam o potencial de crescimento de algumas espécies em diferentes tipos de efluentes. Esse tipo de estratégia apresenta como vantagens o tratamento do resíduo, que pode variar de esgoto doméstico a resíduos químicos como os provenientes de laboratórios, além de utilizar um material que seria descartado.

O Brasil é um grande produtor de resíduos agroindustriais dentre eles a cama de aviário já que ocorre uma grande produção de frango de corte em território nacional anualmente, competindo com Índia e China (CARLINI et al., 2019; WANG et al., 2020). A grande geração de cama de aviário leva a problemas relacionados ao mau gerenciamento desse pois muitas das vezes o produtor não consegue dar destino adequado para o resíduo. Quando utilizada como adubo de forma indiscriminada causa alterações no pH da área aplicada, contaminação do solo e lençóis freáticos além de contribuir para eutrofização de rios e lagos (LI et al., 2017; RAHMAN, 2018; SOBHI et al., 2019). A cama de aviário possui uma composição rica em macronutrientes essenciais para o crescimento microalgal como P, N e C (BEDIN et al., 2021) e uma elevada demanda bioquímica de oxigênio (BOD), importante para o metabolismo microalgal, que representa a determinação indireta da concentração de matéria orgânica que pode ser biodegradação através da demanda de oxigênio exigida pelo microrganismo para a respiração celular (NGUYEN et al., 2019). Com isso a utilização de cama de aviário como meio de cultivo pode, além de contribuir para redução dos impactos negativos desse resíduo ao meio ambiente, ajudar a minimizar os custos envolvidos na produção em escala de microalgas.

Sendo assim, com base no exposto e afim de contribuir para a produção nacional de microalgas, é levantada a questão: “O que já se tem de resultados até o momento sobre o cultivo de microalga utilizando somente cama de aviário?”. Com isso, com o objetivo de analisar as descobertas referentes a utilização desse resíduo como meio de cultivo microalgal, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a produção de microalga utilizando cama de aviário como substrato utilizando a metodologia *Methodi Ordinatio*. Essa metodologia classifica os artigos através do fator de impacto da revista, ano de publicação e número de citações, além de fazer uso das três principais bases de dados científicos, sendo estas Scopus (Elsevier), ScienceDirect e Web Of Science.

2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

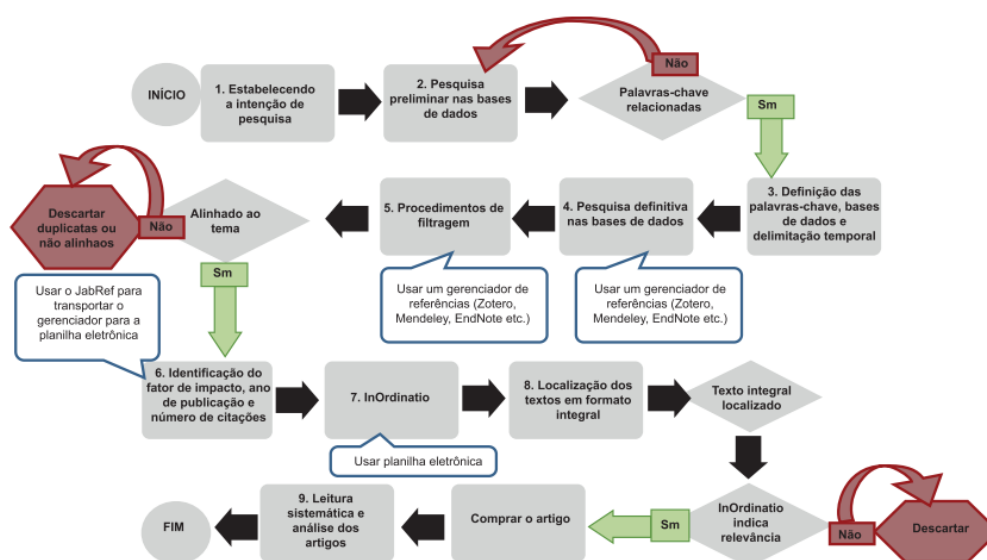
Para realizar a revisão sistemática da literatura foi utilizada a metodologia desenvolvida por Pagani et al. (2015) denominada *Methodi ordinatio* no qual, com base no número de citações, ano de publicação e fator de impacto da revista, gera uma pontuação a partir de uma equação matemática (*InOrdination*) que torna possível categorizar os artigos de interesse do mais relevante para o menos relevante. Além disso, para localizar o maior número de artigos, a pesquisa foi feita nas três principais bases de dados de bibliografia científica que, segundo



Lima e Bonetti (2020), possuem dados de relevância científica e abrangem diversos campos do conhecimento, apresentando resultados diferentes para o mesmo conjunto de palavras chave.

O *Methodi Ordinatio* é estruturado em 9 etapas que podem ser vistas na Figura 1 abaixo. Além das ferramentas de gerenciamento de referências como o Mendeley e o JabRef o *Methodi Ordinatio* utiliza de planilhas Excel disponibilizadas pela criadora do método. Uma das planilhas contém o índice *InOrdination* (planilha 1) e a outra fornece o fator de impacto das principais revistas (planilha 2) sendo necessário informar apenas o nome da revista para se obter este valor. A autora ressalta que dependendo da intenção da pesquisa artigos mais antigos não significam necessariamente menor relevância e neste caso a utilização desta metodologia deve ser avaliada.

Figura 1 – Fluxograma etapas do *Methodi Ordinatio*



Fonte: Pagani et al. (2015)

Após a realização das etapas 1 e 2 definiu-se o ano de publicação dos artigos (até 2020) e as palavras-chave para serem utilizadas nas bases de dados. Realizando a busca em inglês, foram utilizados de forma simultânea sinônimos para “cama de aviário” sendo elas “*poultry manure*”, “*poultry litter*”, “*chicken manure*” e “*chicken litter*”, relacionadas à palavra *microalgae*. A pesquisa foi restringida por artigo de pesquisa e de revisão e ajustou-se para que a busca pelas palavras fosse por títulos, resumos e palavras-chave. Com isso foram obtidos cerca de 122 artigos das 3 bases de dados. Um arquivo em formato BibTex foi salvo para que estas pudessem ser importadas para o Mendeley. Após remover os artigos duplicados fez-se a leitura dos títulos e resumos de cada artigo obtendo-se 44 artigos.

Partindo para a etapa 6, com o auxílio da ferramenta JabRef que exporta arquivos em formato BibTex para formato compatível com Excel, para filtrar os artigos relevantes dentre os 44 primeiro utilizou-se a planilha 1 obtendo-se o fator de impacto das revistas. O número de citações foi obtido através de busca no google acadêmico pois este mostra o número real de citações do artigo devido seu acesso a todas as bases de dados (PAGANI; KOVALESKI; MAURICIO, 2015). Com estes valores e o ano de publicação, utilizando a planilha



2 foi possível determinar o índice *InOrdination* resultando em artigos com valores entre 6 e 364. Os artigos com pontuação abaixo de 100 foram descartados restando apenas 14 referências. Os documentos originais das publicações foram obtidos através do acesso disponibilizado pelo *login* da universidade e em seguida todos foram lidos na íntegra.

3 RESULTADOS

Depois da leitura dos artigos, sete deles foram descartados por não responderem à questão norteadora da pesquisa ao utilizarem outros tipos de resíduos junto com a cama de aviário. Destes artigos foram retiradas as seguintes informações: seis deles eram do tipo pesquisa e um do tipo revisão. Três dos artigos utilizaram a cama de aviária obtida a partir da digestão anaeróbica (LI et al., 2020; MOUNGMOON et al., 2020), um utilizou o resíduo após tratamento com solução ácida (MARKOU; ICONOMOU; MUYLAERT, 2016) e dois utilizaram a cama diluída em água destilada (AGARWAL et al., 2020; MOHAN SINGH et al., 2020). Todos os artigos relataram uma melhoria significativa na produção de biomassa em diferentes concentrações do resíduo. O artigo de revisão de Fenton e Huallacháin (2012) mostrou que os estudos sobre o potencial de aplicação de cama de aviário como substrato é apontado desde 1980 com artigos produzidos na China e Índia.

Duas microalgas foram utilizadas em mais de um artigo sendo estas a *Chlorella pyrenoidosa* e a *Chlorella vulgaris*. A *Chlorella vulgaris* é uma espécie bastante estudada, isso porque conseguem crescer em diferentes meios de cultivo, temperaturas e pHs (BARREIRO, 2020). As microalgas *Chlorella minutissima*, *Chlorella sorokiniana* e *Scenedesmus bijuga*, cultivadas em cama de aviário não esterilizada, foram selecionadas pois, segundo o autor, possuem capacidade comprovada de crescimento em águas residuais tratadas e não tratadas (SINGH; REYNOLDS; DAS, 2011). Espécies de microalgas que crescem bem em substratos não esterilizados são vantajosas pois um dos desafios do cultivo de microalga em larga escala utilizando resíduos é a de contaminação.

No trabalho realizado por Agarwal et al. (2020), com o foco na produção em larga escala, o artigo traz como objetivo a verificação experimental da viabilidade da utilização de cama de aviário como único substrato. Após obtenção da concentração ideal do resíduo para formulação do meio de cultura em escala de bancada os autores geraram, utilizaram metodologia de planejamento experimental, superfícies de resposta para identificar a quantidade de biomassa que poderia ser produzida no intervalo de um ano. Como resultado, o artigo apresenta que seria possível, a partir do modelo de processo desenvolvido pelos autores, obter em média cerca de 1.344 toneladas. h^{-1} de biomassa microalgal dependendo da época do ano utilizando luz natural nos cultivos para reduzir custos.

4 CONCLUSÃO

Os dados estudos mostram que a cama de aviário é uma alternativa promissora para o cultivo de microalgas, visto que, todos os estudos selecionados para leitura apresentam como um dos resultados crescimento celular significativo de diferentes espécies neste tipo de substrato. A utilização desse resíduo para o cultivo de microalgas em larga escala pode trazer, além da redução nos custos de produção, uma opção de tratamento de resíduos para a cama de aviário através da digestão por microalgas, contribuindo para um desenvolvimento sustentável e renovável nacionalmente através da utilização de biotecnologia.



REFERÊNCIAS

- AGARWAL, Akanksha; MHATRE, Akanksha; PANDIT, Reena; LALI, Arvind M. Synergistic biorefinery of *Scenedesmus obliquus* and *Ulva lactuca* in poultry manure towards sustainable bioproduct generation. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 297, 2020.
- BARREIRO, M. Filomena. Review and Industry and Market Trend Analysis. [S. l.], p. 1–23, 2020.
- BEDIN, Flavia Chiamulera Borsatti; FAUST, Mateus Vinicius; GUARNERI, Giovanni Alfredo; ASSMANN, Tangriani Simioni; LAFAY, Cintia Boeira Batista; SOARES, Lisiane Fernandes; DE OLIVEIRA, Paulo Armando Victória; DOS SANTOS-TONIAL, Larissa Macedo. Clitter. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [S. l.], v. 245, p. 118834, 2021.
- CARLINI, M.; CASTELLUCCI, S.; MENNUNI, A.; SELLI, S. Poultry Manure Biomass: Energetic Characterization and ADM1-based Simulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED PHYSICS, POWER AND MATERIAL SCIENCE 2019
- DE BHOWMICK, G.; SEN, R.; SARMAH, A. K. Consolidated bioprocessing of wastewater cocktail in an algal biorefinery for enhanced biomass, lipid and lutein production coupled with efficient CO₂ capture: An advanced optimization approach. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 252, 2019.
- FENTON, Owen; Ó HUALLACHÁIN, Daire. Agricultural nutrient surpluses as potential input sources to grow third generation biomass (microalgae): A review. **Algal Research**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 49–56, 2012..
- FRANCO, André Luiz Custódio; LÔBO, Ivon Pinheiro; DA CRUZ, Rosenira Serpa; TEIXEIRA, Cláudia Maria Luz Lapa; DE ALMEIDA NETO, José Adolfo; MENEZES, Rafael Silva. Biodiesel De Microalgas: Avanços E Desafios. **Química Nova**, [S. l.], v. 36, n. 3, p. 437–448, 2013.
- LI, Ruirui et al. Co-digestion of chicken manure and microalgae *Chlorella* 1067 grown in the recycled digestate: Nutrients reuse and biogas enhancement. **Waste Management**, [S. l.], v. 70, n. 1, p. 247–254, 2017.
- LI, Ze; WANG, Guixiang; CAO, Zhen; SUI, Chao; ZOU, Jianyang; WANG, Zhongjiang. Effects of different addition ratios of unsterilized chicken manure biogas slurry on *Chlorella* cultivation. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, [S. l.], p. 1–11, 2020.
- LIMA, Cibele Oliveira; BONETTI, Jarbas. Bibliometric analysis of the scientific production on coastal communities' social vulnerability to climate change and to the impact of extreme events. **Natural Hazards**, [S. l.], v. 102, n. 3, p. 1589–1610, 2020..
- MARKOU, Giorgos; ICONOMOU, Dimitris; MUYLAERT, Koenraad. Applying raw poultry litter leachate for the cultivation of *Arthrospira platensis* and *Chlorella vulgaris*. **Algal Research**, [S. l.], v. 13, p. 79–84, 2016.
- MENG, W. et al. Biocrude oil production from *Chlorella* sp. cultivated in anaerobic digestate after UF membrane treatment. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 148–153, 2017.



- MOHAN SINGH, Har et al. Bioprocessing of cultivated *Chlorella pyrenoidosa* on poultry excreta leachate to enhance algal biomolecule profile for resource recovery. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 316, 2020..
- MOUNGMOON, Thoranit; CHAICHANA, Chatchawan; PUMAS, Chayakorn; PATHOM-AREE, Wasu; RUANGRIT, Khomsan; PEKKOH, Jeeraporn. Quantitative analysis of methane and glycolate production from microalgae using undiluted wastewater obtained from chicken-manure biogas digester. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 714, p. 136577, 2020.
- NGUYEN, Thi Dong Phuong; TRAN, Thi Ngoc Thu; LE, Thi Van Anh; NGUYEN PHAN, Truc Xuyen; SHOW, Pau-Loke; CHIA, Shir Reen. Auto-flocculation through cultivation of *Chlorella vulgaris* in seafood wastewater discharge: Influence of culture conditions on microalgae growth and nutrient removal. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, [S. l.], v. 127, n. 4, p. 492–498, 2019.
- PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz Resende; MAURICIO, Luis. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura | Directory of Open Access Journals. **Springer**, [S. l.], v. Scientomet, n. 12/2015, p. 2109–2135, 2015.
- PSZCZÓŁKOWSKA, A.; PSZCZÓŁKOWSKI, W.; ROMANOWSKA-DUDA, Zdzislawa; PSZCZOLKOWSKA, Agata; PSZCZOLKOWSKI, Wiktor; ROMANOWSKA-DUDA, Zdzislawa; PSZCZÓŁKOWSKA, A.; PSZCZÓŁKOWSKI, W.; ROMANOWSKA-DUDA, Zdzislawa. Potential of *Chlorella vulgaris* culture for waste treatment from anaerobic biomass biodigestion at the Piaszczyzna (Poland) integrated facility. **Journal of Phycology**, [S. l.], v. 55, n. 4, p. 816–829, 2019.
- RAHMAN, M. A. Valorization of harmful algae *E. compressa* for biodiesel production in presence of chicken waste derived catalyst. **Renewable Energy**, [S. l.], v. 129, p. 132–140, 2018. ISSN: 0960-1481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.005>.
- SILVA, Samara C.; FERREIRA, Isabel C. F. R.; DIAS, Madalena M.; FILOMENA BARREIRO, M. Microalgae-derived pigments: A 10-year bibliometric review and industry and market trend analysis. **Molecules**, [S. l.], v. 25, n. 15, p. 3406, 2020.
- SINGH, Manjinder; REYNOLDS, David L.; DAS, Keshav C. Microalgal system for treatment of effluent from poultry litter anaerobic digestion. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 102, n. 23, p. 10841–10848, 2011.
- SOBHI, Mostafa; GUO, Jianbin; CUI, Xian; SUN, Hui; LI, Bowen; ABOAGYE, Dominic; SHAH, Ghulam Mustafa; DONG, Renjie. A promising strategy for nutrient recovery using heterotrophic indigenous microflora from liquid biogas digestate. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, [S. l.], v. 690, p. 492–501, 2019.
- UTEX CULTURE COLLECTION. **UTEX Culture Collection of Algae**. 2015.
- WANG, Lanjun; WANG, Jinhua; WANG, Jun; ZHU, Lusheng; CONKLE, Jeremy L.; YANG, Rui. Soil types influence the characteristic of antibiotic resistance genes in greenhouse soil with long-term manure application. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 392, p. 122334, 2020.