

BIOSSÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO FERRO A PARTIR DE UMA MACROALGA SUB-ANTÁRTICA

TAÍS POLETTI¹; LUCAS MORAES BERNEIRA²; GUILHERME KURZ MARON²
DANIELLE TAPIA BUENO²; NATÁLIA LEITE GOULART²;
CLAUDIO MARTIN PEREIRA DE PEREIRA³

¹Universidade federal de Pelotas – taispoletti@hotmail.com

²Universidade federal de Pelotas – lahbbioufpel@gmail.com

³Universidade federal de Pelotas – claudiochemistry@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, há um grande interesse em pesquisas relacionadas a nanociência e nanotecnologia, principalmente por causa das propriedades, características e funcionalidades que os nanomateriais apresentam (AZIZI et al., 2013; BHUYAR et al., 2020). Com isso, estão surgindo aplicações em diversas áreas, como, em indústrias biotecnológicas, alimentícias e farmacêuticas (BHUYAR et al., 2020). Deste modo, há uma grande procura de novos materiais de partida para o desenvolvimento de síntese de nanopartículas (NPs), uma vez que os métodos químicos e físicos atuais têm alto custo, elevado risco e demandam produtos químicos tóxicos (BHUYAR et al., 2020). Nesse contexto, o uso de abordagens biológicas aplicando bactérias, fungos, plantas e macroalgas, por exemplo, são materiais alternativos ecologicamente corretos para realizar a síntese verde de NPs (SARAVANAN et al., 2021).

Dentre as matrizes biológicas que são utilizadas como agentes redutores estão as macroalgas. Estas, possuem várias substâncias bioativas, como, lipídios, minerais, polissacarídeos, proteínas, algumas vitaminas, entre outras (AZIZI et al., 2013). Esses organismos habitam extensas zonas tropicais, temperadas e polares do planeta. Além disso, as macroalgas têm uma alta capacidade de adaptação ao seu habitat (ZIKALALA et al., 2018). A região sub-Antártica, por exemplo, é conhecida por suas baixas temperaturas, alta radiação ultravioleta, aumento da salinidade e escassa disponibilidade de nutrientes (PASSOS et al., 2020). Diante disso, as espécies de algas induzem seu metabolismo secundário que produz, por exemplo, carboidratos, proteínas, compostos orgânicos voláteis e alginatos (BERNEIRA et al., 2021a, 2021b).

Como pode ser observado, esses bioativos são importantes meios para a síntese verde de nanopartículas. A biossíntese a partir de macroalgas pode ser feita de forma intracelular e extracelular (SARAVANAN et al., 2021). Além disso, outros fatores também podem influenciar o andamento da síntese de nanopartículas, como pH, temperatura, espécie da macroalga, concentração do extrato, concentração da solução do precursor de metal e tempo de incubação de nanopartículas. Tais parâmetros podem afetar diretamente no rendimento da reação bem como no tamanho, e morfologia das nanopartículas formadas (SARAVANAN et al., 2021). Recentemente, estudos relataram a síntese de NPs de óxido ferro, prata, ouro, zinco e cobre usando macroalgas, porém a maioria das espécies de algas permanece inexplorada (KHANNA; KAUR; GOYAL, 2019).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é de avaliar a produção de nanopartículas de óxido de ferro a partir de uma espécie de macroalga sub-Antártica por meio de técnicas de caracterização como, Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (IR-TF), Difração de Raio-X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

2. METODOLOGIA

As nanopartículas de óxido de ferro foram sintetizadas seguindo o procedimento adaptado de AZIZI et al., (2013) e ABBAS; TAKAHASHI; KIM (2013). Inicialmente, foi realizada a extração da macroalga *Gigartina skottsbergii*. Foram adicionados 2 g de alga em 100 mL de água destilada. Em seguida, a solução foi aquecida a 100 °C por 1 h sob agitação magnética, logo após, a solução foi centrifugada durante 10 min a 3.000 rpm e filtrada. Por fim, o extrato aquoso da macroalga foi misturado com uma solução aquosa contendo 2,56 g de sulfato de ferro (II) heptahidratado (1:1, v/v) sob aquecimento e agitação por 2 h a 70 °C. Uma solução de hidróxido de sódio 3 M foi utilizada para ajustar o pH para 11. Após a síntese, a solução foi centrifugada a 4.000 rpm por 10 min, em seguida, as NPs foram isoladas, lavadas com água destilada e secas a 100°C por 48 h. Em seguida, as NPs de óxido de ferro foram caracterizadas por IR-TF (Shimadzu, modelo Prestige 21), DRX (Shimadzu, modelo XRD-6000) e MEV (Shimadzu, modelo SSX-550 Superscan).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A síntese verde adaptada para a realização de nanopartículas de óxido de ferro através da macroalga *Gigartina skottsbergii* surgiu como uma metodologia alternativa aos métodos convencionais, tendo em vista que a síntese convencional além de ser de alto custo, utilizar reagentes tóxicos que podem causar danos ao meio ambiente e aos seres humanos (SALEM; ISMAIL; ALY-ELDEEN, 2019). Portanto, essa metodologia alternativa foi satisfatória, de baixo custo, sem muitas etapas e sem a utilização de reagentes e solventes de alta toxicidade, ou seja, não apresentou nenhum impacto ambiental e humano.

Através da análise de Infravermelho (**Figura 1**) foi possível comparar os espectros da macroalga *Gigartina skottsbergii* e suas respectivas NPs de óxido de ferro. Deste modo, observou-se bandas relacionadas a vários fitoquímicos como, carboidratos, proteínas e lipídios devido à presença de hidroxila ($3500-3400\text{ cm}^{-1}$), carbonila (1700 cm^{-1}) e carbono-oxigênio ($1100-1000\text{ cm}^{-1}$) (PASSOS et al., 2021). Comparando as amostras pode-se visualizar que as bandas do espectro da alga diminuíram a intensidade consideravelmente para o espectro das NPs. Alguns autores também observaram uma diminuição de intensidade da banda de hidroxilas, por exemplo, conforme as nanopartículas eram formadas (AZIZI et al., 2013; MASHJOOR et al., 2018).

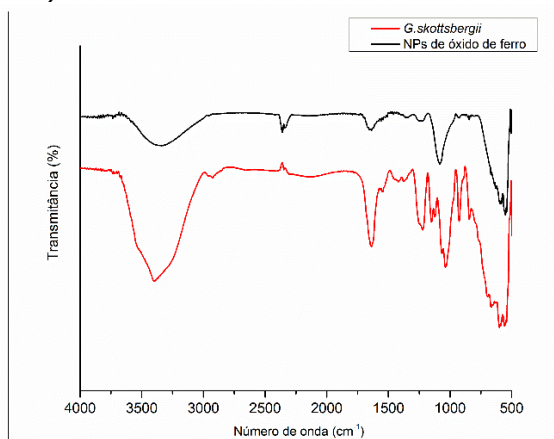


Figura 1- Espectro de Infravermelho da macroalga *G. skottsbergii* e suas NPs de óxido de ferro.

A difração de raios X foi utilizada por ser uma das técnicas que confirma a estrutura cristalina das nanopartículas. Nessa análise os resultados foram comparados e identificados através dos picos de padrões presentes no banco de dados JCPDS 10-0629. Os principais picos observados (**Figura 2**) foram em 30°, 35°, 43° 53°, 56° e 62° correspondendo aos planos cristalinos referente a estrutura cúbica de magnetita em (2,2,0), (3,1,1), (4,0,0), (4,2,2), (5,1,1) e (4,4,0) respectivamente, o que indica que a biossíntese de NPs óxido de ferro foi efetiva (MASHJOOR et al., 2018).

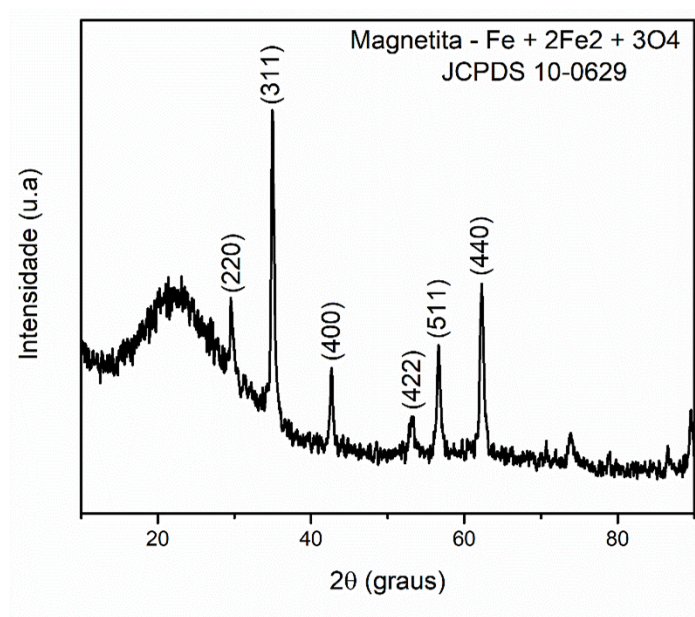


Figura 2- Difratoograma de Raios-X da NPs de óxido de ferro sintetizadas a partir da macroalga *Gigartina skottsbergii*.

A análise por MEV demonstrou que o precipitado ficou aglomerado, possivelmente por ser magnético, além disso, observa-se uma morfologia esférica (**Figura 3**). Na literatura, alguns autores também demonstram que a maioria das partículas eram cristalinas cubo-esféricas (MASHJOOR et al., 2018).

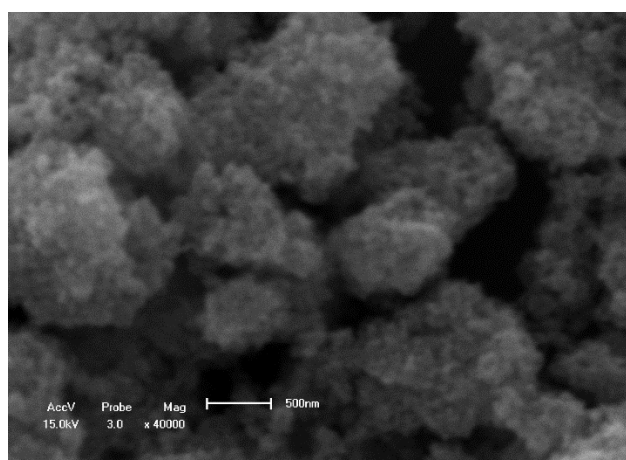


Figura 3- Análise por MEV dasv NPs de óxido de ferro sintetizadas a partir da macroalga *Gigartina skottsbergii*

4. CONCLUSÕES

A redução de tamanho de materiais para nanoescala tornaram as nanopartículas benéficas a novos campos de atuação como área farmacêutica, biomédica, alimentícia, elétrica e forense. O uso de metodologia verde torna o processo de fornecimento de nanopartículas metálicas ecologicamente correto, seguro e econômico. Nesse sentido, conclui-se que o estudo desenvolveu uma síntese verde e eficaz de NPs de óxido de ferro a partir da macroalga *Gigartina skottsbergii*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAS, M.; TAKAHASHI, M.; KIM, C. Facile sonochemical synthesis of high-moment magnetite (Fe₃O₄) nanocube. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 15, n. 1, 2013.
- AZIZI, S. et al. Biosynthesis of silver nanoparticles using brown marine macroalga, sargassum muticum aqueous extract. **Materials**, v. 6, p. 5942–5950, 2013.
- BERNEIRA, L. M. et al. Evaluation of volatile organic compounds in brown and red sub-Antarctic macroalgae. **Brazilian Journal of Botany**, v. 44, n. 1, p. 79–84, mar. 2021a.
- BERNEIRA, L. M. et al. Bioactivity and composition of lipophilic metabolites extracted from Antarctic macroalgae. **Brazilian Journal of Microbiology**, abr. 2021b.
- BHUYAR, P. et al. Synthesis of silver nanoparticles using marine macroalgae Padina sp. and its antibacterial activity towards pathogenic bacteria. **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 9, n. 3, p. 15, dez. 2020.
- KHANNA, P.; KAUR, A.; GOYAL, D. Algae-based metallic nanoparticles: Synthesis, characterization and applications. **Journal of Microbiological Methods**, v. 163, p. 105656, ago. 2019.
- MASHJOOR, S. et al. Organic and inorganic nano-Fe₃O₄: Alga Ulva flexuosa-based synthesis, antimicrobial effects and acute toxicity to briny water rotifer Brachionus rotundiformis. **Environmental Pollution**, v. 237, p. 50–64, 2018.
- MIRZAEI, H.; DARROUDI, M. Zinc oxide nanoparticles: Biological synthesis and biomedical applications. **Ceramics International**, v. 43, n. 1, p. 907–914, 2017.
- PASSOS, L. F. et al. Evaluation and characterization of algal biomass applied to the development of fingerprints on glass surfaces. **Australian Journal of Forensic Sciences**, v. 00, n. 00, p. 1–10, 2020.
- PASSOS, L. F. et al. Evaluation and characterization of algal biomass applied to the development of fingerprints on glass surfaces. **Australian Journal of Forensic Sciences**, v. 53, n. 3, p. 337–346, 2021.
- SALEM, D. M. S. A.; ISMAIL, M. M.; ALY-ELDEEN, M. A. Biogenic synthesis and antimicrobial potency of iron oxide (Fe₃O₄) nanoparticles using algae harvested from the Mediterranean Sea, Egypt. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 45, n. 3, p. 197–204, 2019.
- SARAVANAN, A. et al. A review on biosynthesis of metal nanoparticles and its environmental applications. **Chemosphere**, v. 264, p. 128580, fev. 2021.
- SHANKAR, P. D. et al. A review on the biosynthesis of metallic nanoparticles (gold and silver) using bio-components of microalgae: Formation mechanism and applications. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 95, p. 28–44, 2016.
- ZIKALALA, N. et al. Biosynthesis protocols for colloidal metal oxide nanoparticles. **Nano-Structures and Nano-Objects**, v. 16, p. 288–299, 2018.