

AVALIAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA PRELIMINAR DE UM SISTEMA DE BIOSÍNTESE MEDIADO POR EXTRATO AQUOSO DE *Salvia rosmarinus* E SAIS DE PRATA E ZINCO

Glaucolimaco da Silveira¹; Suzana Cimara Batista¹

¹Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, Palhoça, Brasil (glaucolimaco@gmail.com)

Resumo: Este estudo investigou a interação entre extrato aquoso de *Salvia rosmarinus*, AgNO₃ e ZnSO₄ como etapa preliminar de biossíntese de compostos com potencial catalítico. A amostra com extrato apresentou alterações visuais e espectrais ao longo de 28 dias, enquanto a amostra sem extrato também absorveu na mesma região. Os resultados indicam transformação do sistema e possível participação do extrato, a ser confirmada por caracterizações complementares.

Palavras-chave: biossíntese verde; *Salvia rosmarinus*; compostos metálicos; espectrofotometria UV-Vis; potencial catalítico.

INTRODUÇÃO

A presença de corantes sintéticos em efluentes constitui um problema ambiental porque essas moléculas podem persistir no meio aquático, reduzir a incidência de luz e produzir efeitos biológicos mesmo em baixas concentrações. Para o azul de metileno, Li et al. (2023) observaram efeitos agudos e crônicos sobre o crescimento, a reprodução e parâmetros fisiológicos de *Daphnia magna*, reforçando a necessidade de processos capazes de remover ou transformar esse contaminante antes de seu lançamento no meio ambiente.

A busca por rotas mais sustentáveis de obtenção de materiais funcionais tem ampliado o interesse pela biossíntese mediada por extratos vegetais. Nesse processo, constituintes do extrato podem atuar na redução, complexação, nucleação e estabilização de espécies metálicas, substituindo total ou parcialmente reagentes convencionais e permitindo que a transformação ocorra em condições mais brandas. A composição do extrato, o pH, a temperatura, a proporção entre extrato e precursor e o tempo de reação influenciam a formação, o crescimento e a dispersão do material obtido (El-Seedi et al., 2024; Asefian e Ghavam, 2024).

O interesse catalítico desses sistemas decorre da possibilidade de converter os precursores em fases sólidas ou dispersas com dimensões

reduzidas e maior fração de superfície acessível. Essa condição pode ampliar o contato entre o material e o substrato, favorecendo reações heterogêneas, embora a atividade também dependa da composição, da estrutura, da morfologia e da estabilidade do produto. Bano et al. (2023) demonstraram o efeito do tamanho sobre a velocidade de uma reação modelo catalisada por ouro, enquanto estudos com materiais à base de prata e ZnO evidenciaram potencial na remoção do azul de metileno (Almarashi et al., 2024; Albarakaty et al., 2023; Atta et al., 2024).

O alecrim (*Salvia rosmarinus*) constitui uma matriz vegetal de interesse porque seu extrato contém biomoléculas capazes de interagir com precursores metálicos. Uysal et al. (2024) e Sabah Khadim et al. (2025) empregaram extrato de alecrim na biossíntese de materiais à base de ZnO e relacionaram a ação do componente vegetal às etapas de redução e estabilização. Esses estudos mostram que a biossíntese envolve alterações químicas e de organização do sistema que podem ser acompanhadas inicialmente por mudança de cor e espectrofotometria UV-Vis, devendo a natureza do produto ser posteriormente estabelecida por caracterizações estruturais, morfológicas e composicionais.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi investigar, de forma preliminar, o fenômeno de biossíntese resultante da interação entre extrato aquoso de folhas de alecrim, AgNO_3 e ZnSO_4 , acompanhando as alterações visuais e espectrofotométricas durante 28 dias e comparando-as com uma amostra sem extrato. O estudo constitui uma etapa inicial para a obtenção de compostos de dimensões reduzidas e possível potencial catalítico. A atividade catalítica não foi medida nesta etapa, sendo apresentada como perspectiva de continuidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas folhas de alecrim (*Salvia rosmarinus*), separadas dos galhos e submetidas à secagem em estufa a 100°C por 10 minutos. Após o resfriamento, foram pesados 15 g de folhas secas em balança analítica (Figura 1).

As folhas foram maceradas em almofariz com pistilo, utilizando-se 60 mL de água destilada (Figura 2). O material líquido foi filtrado em papel de celulose, coletado com pipeta Pasteur, transferido para tubo de ensaio e centrifugado por 10 minutos, obtendo-se o extrato aquoso (Figura 3).



Figura 1. Pesagem de 15 g de folhas secas de alecrim (*Salvia rosmarinus*) em balança analítica.

Fonte: Os autores, 2026.



Figura 2. Maceração das folhas de alecrim em almofariz com pistilo e 60 mL de água destilada. Fonte: Os autores, 2026.



Figura 3. Extrato aquoso de alecrim (*Salvia rosmarinus*) após filtração e centrifugação.

Fonte: Os autores, 2026.

Em etapa separada, foram pesados 1,4 g de nitrato de prata (AgNO_3) e 1,4 g de sulfato de zinco (ZnSO_4) em vidros de relógio, utilizando-se balança analítica (Figura 4). Os sais foram adicionados ao volume de extrato obtido, constituindo a amostra 1.

Para a amostra 2 (controle sem extrato), foram utilizados 10 mL de água destilada, 1,4 g de AgNO_3 e 1,4 g de ZnSO_4 .

O monitoramento por espectrofotometria UV-Vis foi realizado entre 290 e 900 nm. A amostra 1 foi analisada no primeiro, sétimo, décimo quarto e vigésimo oitavo dias; para a amostra 2, foi registrada uma leitura única. Foram

identificados o comprimento de onda de máxima absorção ($\lambda_{\text{máx}}$) e a respectiva absorbância máxima. Os resultados foram analisados descritivamente.



Figura 4. Sulfato de zinco (ZnSO_4) e nitrato de prata (AgNO_3) após a pesagem de 1,4 g de cada sal.

Fonte: Os autores, 2026.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O extrato aquoso de *Salvia rosmarinus* apresentou coloração âmbar clara (Figura 3), evidenciando a extração de constituintes solúveis em água. Após a adição dos sais, o acompanhamento por UV-Vis permitiu registrar a evolução do sistema de biossíntese, compreendido neste estudo como o conjunto de interações entre as biomoléculas do extrato e as espécies metálicas presentes no meio reacional.

Tabela 1. Máximos de absorbância para as amostras 1 e 2.

Amostra	Tempo de leitura	$\lambda_{\text{máx}}$ (nm)	Absorbância
1	1º dia	340	2,4049
1	7º dia	340	2,0031
1	14º dia	320	2,8989
1	28º dia	320	3,3872
2	Leitura única	330	3,2284

Amostra 1: extrato aquoso de alecrim/ AgNO_3 / ZnSO_4 .
Amostra 2: 10 mL de água destilada/ AgNO_3 / ZnSO_4 .

Os espectros da amostra 1 apresentados na Figura 5, em conjunto com os valores da Tabela 1, mostram redução da absorbância máxima entre o primeiro e o sétimo dias, seguida de aumento no décimo quarto e no vigésimo oitavo dias. O máximo permaneceu em 340 nm nas duas primeiras leituras e deslocou-se para 320 nm nas duas últimas, correspondendo a um deslocamento hipsocrômico de 20 nm. Esse comportamento indica que as espécies absorventes e/ou o estado de dispersão do sistema se modificaram com o tempo.

As curvas da Figura 5 evidenciam que o perfil espectral da amostra 1 não permaneceu constante durante o período de acompanhamento. Em rotas de biossíntese vegetal, variações temporais no espectro podem refletir etapas sucessivas de redução de íons, formação de núcleos, crescimento, estabilização e eventual agregação. A posição e a intensidade das bandas também são influenciadas pela concentração dos precursores, pelo pH, pela distribuição de tamanho, pelo estado de dispersão e pelos compostos orgânicos associados à superfície (El-Seedi et al., 2024; Asefian e Ghavam, 2024). Assim, as curvas sustentam a ocorrência de transformações no meio reacional, embora não permitam, isoladamente, definir a composição e a estrutura do material formado.

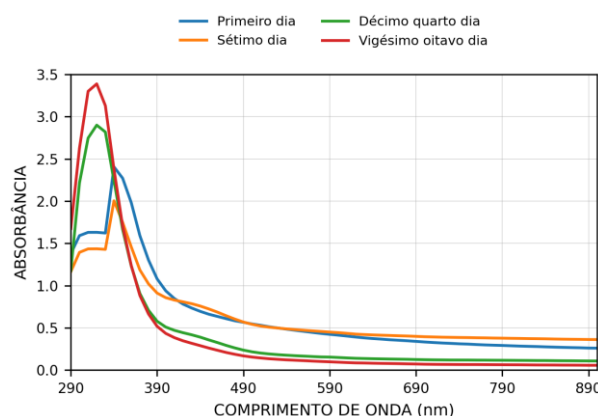


Figura 5. Espectros UV-Vis da amostra 1, constituída por extrato aquoso de alecrim, AgNO_3 e ZnSO_4 , obtidos no primeiro, sétimo, décimo quarto e vigésimo oitavo dias. Fonte: Os autores, 2026.

Compostos de prata obtidos por biossíntese costumam apresentar bandas entre 400 e 500 nm (Asefian e Ghavam, 2024), enquanto materiais à

base de ZnO podem absorver no ultravioleta, com posição variável conforme as condições de síntese e as características do sólido (Albarakaty et al., 2023; Uysal et al., 2024; Sabah Khadim et al., 2025). A região de 320–340 nm observada na Figura 5 é, portanto, mais próxima da faixa descrita para sistemas à base de zinco, mas esse resultado não permite identificar isoladamente a fase formada.

O espectro da amostra 2 apresentado na Figura 6, correspondente somente à mistura de água destilada, AgNO_3 e ZnSO_4 , apresentou máximo em 330 nm e absorvância de 3,2284. Como essa amostra não continha o extrato vegetal, o resultado demonstra que os precursores inorgânicos e/ou espécies geradas pela interação entre eles também contribuíram para a absorção na região de 320–340 nm. Entretanto, como a amostra 2 foi analisada apenas uma vez, faz-se ainda necessária estabelecer se estabelecer se seu perfil permaneceria constante ou também se modificaria ao longo de 28 dias.

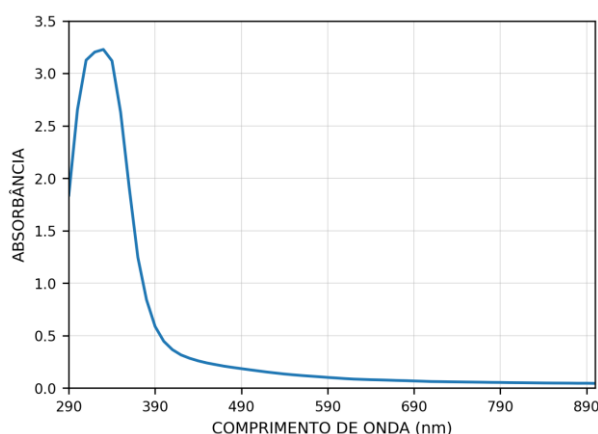


Figura 6. Espectro UV-Vis da amostra 2, constituída por 10 mL de água destilada, AgNO_3 e ZnSO_4 , sem extrato, em leitura única.

Fonte: Os autores, 2026.

Assim, a Figura 6 não exclui a participação do extrato nas mudanças temporais da amostra 1; ela demonstra apenas que a presença de uma banda entre 320 e 340 nm, isoladamente, não é suficiente para atribuir o sinal ao componente vegetal.

Em estudos de biossíntese vegetal, mudanças temporais são utilizadas como indícios de transformação progressiva quando confrontadas com controles equivalentes. Asefian e Ghavam (2024), por exemplo, associaram a evolução do espectro à ausência de pico equivalente no

controle e a resultados de técnicas instrumentais. De modo semelhante, Uysal et al. (2024) e Sabah Khadim et al. (2025) confirmaram a participação do extrato de alecrim em materiais à base de ZnO por caracterizações adicionais. Assim, os dados da amostra 1 são compatíveis com a participação do extrato vegetal, mas a confirmação exige o acompanhamento temporal da amostra 2, controles individuais dos precursores e análises estruturais, morfológicas e composicionais.

Para consolidar a interpretação do fenômeno de biossíntese, o controle sem extrato deve ser acompanhado nos mesmos intervalos utilizados para a amostra 1. Também é recomendável incluir o extrato isolado, cada sal em água e as combinações extrato- AgNO_3 e extrato- ZnSO_4 . Esse conjunto permitirá separar a absorção própria dos constituintes vegetais, a contribuição individual dos precursores e as alterações decorrentes da interação entre o extrato e as espécies metálicas.

Após o monitoramento espectral, o material formado deve ser isolado e submetido a técnicas que permitam verificar a natureza do produto. A difração de raios X pode identificar fases cristalinas; a microscopia eletrônica pode avaliar morfologia e dimensões; a análise elementar pode verificar a presença de prata e zinco; e a espectroscopia no infravermelho pode indicar grupos orgânicos do extrato associados à superfície. Em trabalhos de biossíntese com extratos vegetais, a associação entre UV-Vis e essas caracterizações é o que permite relacionar as alterações espectrais à formação e estabilização de materiais de dimensões reduzidas (El-Seedi et al., 2024; Uysal et al., 2024; Sabah Khadim et al., 2025).

A perspectiva catalítica decorre da possibilidade de que a biossíntese produza um material mais disperso, com dimensões reduzidas e maior superfície disponível para contato com moléculas de corante. Estudos com catalisadores à base de prata e ZnO demonstraram remoção ou degradação do azul de metileno sob condições controladas (Almarashi et al., 2024; Albarakaty et al., 2023; Atta et al., 2024). Desse modo, o presente trabalho estabelece a etapa de preparação e monitoramento do sistema; após a identificação do produto, seu potencial catalítico deverá ser testado por ensaios com controles de

adsorção, iluminação, tempo de contato e repetibilidade.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram alterações visuais e espectrofotométricas dependentes do tempo na amostra contendo sal de metal e o extrato de *Salvia rosmarinus*, compatíveis com transformações progressivas no sistema reacional. A absorção observada na amostra 2 mostra que os precursores inorgânicos também contribuem para o perfil espectral. A evolução da amostra 1 é compatível com a participação do componente vegetal no processo de biossíntese, hipótese que deverá ser testada por meio do acompanhamento temporal dos controles e de caracterizações estruturais, morfológicas e composicionais. Uma vez identificada a natureza e as dimensões do produto formado, seu potencial catalítico poderá ser avaliado na degradação de poluentes, como os corantes.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório Multidisciplinar da UNISUL e à orientadora Dr.^a Suzana Cimara Batista, pelo suporte experimental.

REFERÊNCIAS

- ALBARAKATY, F. M. et al. Zinc oxide nanoparticles, biosynthesis, characterization and their potent photocatalytic degradation, and antioxidant activities. *Journal of King Saud University - Science*, v. 35, n. 1, art. 102434, 2023. DOI: 10.1016/j.jksus.2022.102434.
- ALMARASHI, J. Q. M. et al. Quick methylene blue dye elimination via SDS-Ag nanoparticles catalysts. *Scientific Reports*, v. 14, art. 15227, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-65491-6.

- ASEFIAN, S.; GHAVAM, M. Green and environmentally friendly synthesis of silver nanoparticles with antibacterial properties from some medicinal plants. *BMC Biotechnology*, v. 24, art. 5, 2024. DOI: 10.1186/s12896-023-00828-z.

- ATTA, D. et al. Photocatalytic degradation of methylene blue dye by ZnO nanoparticle thin films, using sol-gel technique and UV laser irradiation. *Scientific Reports*, v. 14, art. 26961, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-76938-1.

- BANO, A. et al. Enhancing catalytic activity of gold nanoparticles in a standard redox reaction by investigating the impact of AuNPs size, temperature and reductant concentrations. *Scientific Reports*, v. 13, art. 12359, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-38234-2.

- EL-SEEDI, H. R. et al. Updated review of metal nanoparticles fabricated by green chemistry using natural extracts: biosynthesis, mechanisms, and applications. *Bioengineering*, v. 11, n. 11, art. 1095, 2024. DOI: 10.3390/bioengineering11111095.

- LI, S.; CUI, Y.; WEN, M.; JI, G. Toxic effects of methylene blue on the growth, reproduction and physiology of *Daphnia magna*. *Toxics*, v. 11, n. 7, art. 594, 2023. DOI: 10.3390/toxics11070594.

- SABAH KHADIM, N.; SABEEH MOHAMMED, D.; ALBUKHATY, S.; AL-AQBI, Z. T.; QATE, F. Green synthesis and antibacterial activity of zinc oxide nanoparticles using rosemary (*Salvia rosmarinus*) extract. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, v. 20, n. 4, e164560, 2025. DOI: 10.5812/jjnpp-164560.

- UYSAI, Y.; DOĞAROĞLU, Z. G.; ÇAYLALI, Z.; KARAKULAK, D. S. Rosemary-mediated green synthesis of ZnO nanoparticles and their integration into hydrogel matrices: evaluating effects on wheat growth and antibacterial properties. *Global Challenges*, v. 8, n. 11, art. 2400120, 2024. DOI: 10.1002/gch2.202400120.