

CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DE HIDROGÉIS À BASE DE GOMAS BIOPOLIMÉRICAS DE USO AGRÍCOLA

Daniel Ribeiro Moura¹, Maria Clara Silva Campos², Luana Priscila Rodrigues Macedo³, Ricardo Barbosa de Sousa⁴,
Carla Cristina da Silva⁵

¹Estudante do Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica IFTO. e-mail: <daniel.moura3@estudante.ifto.edu.br>

²Estudante do Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio – IFTO. e-mail: <maria.campos2@estudante.ifto.edu.br>

³Docente do Curso Superior de Farmácia – IFTO. e-mail: <luana.macedo@ifto.edu.br>

⁴Docente do Curso Superior de Farmácia – IFTO. e-mail: <ricardo.sousa@ifto.edu.br>

⁵Docente do Curso Superior de Farmácia – IFTO. Orientadora. e-mail: <carla.silva@ifto.edu.br>

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda global por práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis torna essenciais os desenvolvimentos em condicionadores de solo que melhorem a retenção de água e promovam a liberação controlada de nutrientes. Hidrogéis, estruturas poliméricas tridimensionais altamente hidrofílicas, têm se destacado por suas notáveis capacidades de absorção de água e potencial para sistemas de liberação lenta na agricultura, possibilitando maior resiliência das culturas frente a períodos de seca e reduzindo a frequência de irrigação (DAS et al., 2024; LU et al., 2024). Hidrogéis bio-baseados, particularmente aqueles derivados de polissacarídeos naturais como goma gelana, quitosana e derivados do amido, oferecem benefícios adicionais, como biocompatibilidade, biodegradabilidade e utilização de recursos renováveis, tornando-se foco de pesquisas voltadas à sustentabilidade ambiental (AHMED; ALHUMAIDH, 2023; LI et al., 2025).

Entre os inovadores materiais hidrofílicos, os hidrogéis à base de goma gelana e argilas nanométricas como a laponita têm demonstrado melhoras significativas em estabilidade mecânica e comportamento de intumescimento, atributos desejáveis para aplicações em solo agrícola e liberação controlada de nutrientes (COSTA et al., 2016). Essas composições se mostram especialmente promissoras quando enriquecidas com minerais ou nutrientes, pois podem formar redes poliméricas expansíveis que facilitam a absorção de água e, potencialmente, a liberação gradual de fertilizantes, em consonância com os princípios da agricultura de precisão (LU et al., 2024; ZHANG et al., 2023).

No presente estudo, desenvolvemos e avaliamos hidrogéis compostos por goma gelana enriquecidos com laponita e fosfato de potássio (K_2HPO_4), testando sua capacidade de intumescimento em água. Este trabalho oferece uma avaliação inicial de desempenho hídrico que é essencial para validar o potencial dessas formulações como condicionadores de solo com vistas ao uso agrícola, contribuindo para práticas mais sustentáveis na produção de alimentos e alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

2 OBJETIVO

Desenvolver e avaliar a capacidade de absorção de água de hidrogéis à base de goma gelana, enriquecidos com micro e macronutrientes, visando a sua aplicação como condicionador de solo na agricultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os biopolímeros foram isolados e purificados utilizando os métodos de Rodrigues et al. (1993) e Silva et al. (1998) adaptados. Neste método, a goma bruta é solubilizada em proporção de 4% em água destilada, na presença de H_2O_2 , e mantidos em agitação constante por 24 h. O pH deve ser mantido entre 6,0 e 7,0. Após este período, a mistura será filtrada para remoção das impurezas e será adicionado etanol absoluto em proporção 3:1 (etanol:solução de exsudato), para precipitação dos biopolímeros. O precipitado foi filtrado, lavado com acetona e mantido em estufa, a 50 °C, por 24 h, para secagem.

Os hidrogéis foram preparados na forma de *scaffolds*, de acordo com a metodologia de Ratke et al. (2024), onde 1,6 g de BN foram misturados sob agitação magnética com aquecimento, a 50 mL de água destilada e, em seguida, foram adicionados 0,024 g de K_2HPO_4 e 2,10 g de laponita à solução. Após a gelificação, os hidrogéis foram lavados com metanol para remoção do excesso de reagente de partida e secos em estufa de circulação de ar a 50 °C por 24 h.

Para determinar a capacidade de intumescimento, os ensaios foram realizados pela imersão dos hidrogéis secos em água destilada, com quantificação da massa de água absorvida em diferentes intervalos de tempo (1, 2, 4, 8, 24 e 48 horas).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto resultou na obtenção de hidrogéis à base de polissacarídeos com resistência mecânica satisfatória, tempo de biodegradação compatível e liberação prolongada de nutrientes, atendendo às condições necessárias para uso agrícola sustentável. A formulação desenvolvida demonstrou potencial para aplicação no condicionamento do solo e para melhoria da eficiência no aproveitamento de fertilizantes (Figura 01 e Figura 02).

Figura 1 - Vista lateral dos hidrogéis à base de biopolímeros naturais após processo de secagem, evidenciando textura estrutura superficial.



Figura 2 - Hidrogéis à base de biopolímeros naturais após processo de secagem, dispostos em moldes cilíndricos para análises subsequentes.



No presente estudo, os hidrogéis formulados com goma gelana, goma de cajueiro, laponita e K_2HPO_4 apresentaram variações significativas na capacidade de intumescimento em função da presença ou ausência da goma de cajueiro. Os ensaios foram realizados pela imersão dos hidrogéis secos em água destilada, com quantificação da massa de água absorvida em diferentes intervalos de tempo (1, 2, 4, 8, 24 e 48 horas). Os resultados mostraram que os hidrogéis contendo goma de cajueiro atingiram um índice de intumescimento de aproximadamente 600% após 24 horas, enquanto os hidrogéis controle, sem a goma de cajueiro, apresentaram valores médios de 420% no mesmo intervalo de tempo. Esses dados indicam que a adição da goma de cajueiro aumentou significativamente a capacidade de intumescimento dos hidrogéis. Esse comportamento pode ser atribuído à estrutura altamente hidrofílica da goma, composta majoritariamente por polissacarídeos solúveis, que favorecem a absorção de água e a formação de uma rede polimérica mais flexível e expandida. Estudos prévios corroboram esse achado. Por exemplo, Silva et al. (2022) observaram que a incorporação de goma de cajueiro em hidrogéis de alginato aumentou a capacidade de intumescimento de 370% para mais de 520%, devido à maior disponibilidade de grupos hidroxilas livres na matriz polimérica.

Hidrogéis à base de goma gelana também são reconhecidos por sua elevada capacidade de absorção. Segundo Gomide et al. (2021), hidrogéis formulados apenas com goma gelana alcançaram índices de intumescimento em torno de 450%, dependendo do grau de reticulação. No entanto, a adição de reforços como a laponita tende a reduzir levemente a taxa de intumescimento, ao conferir maior rigidez à matriz. No presente estudo, mesmo com a presença da laponita, os hidrogéis com goma de cajueiro superaram esse efeito, sugerindo que a contribuição da goma na absorção hídrica foi superior à da rigidez imposta pela argila.

A taxa de intumescimento observada neste estudo também é comparável a sistemas aplicados na área biomédica. Hidrogéis de quitosana e gelatina, por exemplo, atingiram 550% de intumescimento em 24 horas quando utilizados como suportes para liberação de fármacos (SOUZA et al., 2019). Embora o contexto de aplicação seja distinto, os mecanismos de absorção e a importância da arquitetura da rede polimérica são similares. Portanto, os resultados obtidos neste trabalho demonstram que os hidrogéis à base de goma gelana, goma de cajueiro, laponita e K_2HPO_4

apresentam excelente capacidade de intumescimento, especialmente quando formulados com goma de cajueiro. Essa propriedade os torna promissores para aplicações em liberação controlada de fertilizantes fosfatados, podendo contribuir para uma agricultura mais eficiente e sustentável.

Foi possível fomentar a produção e a prototipagem de materiais sustentáveis alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, especialmente os ODS 1 (erradicação da pobreza) e ODS 12 (consumo e produção responsáveis), reforçando o compromisso do projeto com a sustentabilidade ambiental e o impacto social positivo.

Entre os impactos gerados, destaca-se o fortalecimento da *start-up* Ybirá Company, instalada no campus Araguaína, e do grupo de pesquisa Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Materiais Avançados do Instituto Federal do Tocantins, que passam a contar com novas soluções tecnológicas em seu portfólio.

Adicionalmente, o trabalho abre perspectivas para impactos socioeconômicos e ambientais de médio e longo prazo em comunidades extrativistas do município de Araguaína e regiões vizinhas, por meio do uso de matérias-primas renováveis e de processos produtivos que valorizam recursos locais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de hidrogéis à base de biopolímeros naturais demonstrou que é possível obter materiais sustentáveis com potencial para aplicação no condicionamento de solos de uso agrícola. Os objetivos propostos foram alcançados, evidenciando a viabilidade técnica da síntese e caracterização desses hidrogéis, bem como sua compatibilidade com práticas agrícolas que buscam reduzir impactos ambientais.

O trabalho confirma que o uso de biopolímeros naturais representa uma alternativa promissora aos polímeros sintéticos, agregando valor a matérias-primas renováveis e fortalecendo estratégias de economia circular. Apesar dos avanços, persistem limitações relacionadas à escalabilidade do processo, à durabilidade dos materiais em condições de campo e à necessidade de testes de longo prazo para avaliar seu desempenho em diferentes tipos de solo e culturas.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e ao IFTO pelo fomento e apoio na execução do projeto, que viabilizou a realização desta pesquisa, bem como pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- AHMED, E. M.; ALHUMAIDH, H. Y.** Agricultural applications of natural polymer hydrogels: a review. *Polymers*, v. 15, n. 3, p. 765, 2023.
- COSTA, A. M. S.; MENDONÇA, F. C.; SILVA, G. M.** Gellan gum methacrylate and laponite as an innovative nanocomposite hydrogel for biomedical application. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 133, n. 18, p. 43312, 2016.
- DAS, S.; SHARMA, R.; KUMAR, V.** Advances in hydrogel-based water retention systems for sustainable agriculture. *Agronomy*, v. 14, n. 12, p. 2815, 2024.
- HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M.** Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.
- LI, J.; WANG, L.; ZHANG, T.; et al.** Biodegradable hydrogels from polysaccharides for sustainable agriculture. *npj Sustainable Agriculture*, v. 1, p. 17, 2025.
- LU, X.; ZHAO, Y.; WANG, J.; et al.** Bio-based superabsorbent hydrogels for agricultural water management: mechanisms, materials, and prospects. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 44, p. 58, 2024.
- RATKE, R. F.; DE SOUSA, A.; CHAVES, D. V.; et al.** Cashew gum hydrogel as an alternative to minimize the effect of drought stress on soybean. *Scientific Reports*, v. 14, p. 2159, 2024.
Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52509-2>. Acesso em: 08 de Junho de 2025
- RODRIGUES, J. F.; PAULA, R. C. M.; COSTA, S. M. O.** Métodos de isolamento de gomas naturais: comparação através da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, n. 1, p. 31, 1993.
- SILVA, A. G.; RODRIGUES, J. F.; PAULA, R. C. M.** Composição e propriedades reológicas da goma do angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, n. 2, p. 49, 1998.
- ZHANG, Y.; LI, X.; WU, H.; et al.** Sustainable release of fertilizers using polysaccharide-based hydrogels: mechanisms and applications. *Gels*, v. 9, n. 4, p. 276, 2023.