

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROGÉIS PARA POTENCIAL APLICAÇÃO NA AGRICULTURA

LUANA VAZ THOLOZAN¹; ADRIELE ULGUIM DE OLIVEIRA²; GABRIELA SILVEIRA DA ROSA³; NEFTALI LENIN VILLARREAL CARRENO⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – luanavtholozan@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – oliveiraadrielle067@gmail.com

³Universidade Federal do Pampa – gabrielarosa@unipampa.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – neftali@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é essencial para o desenvolvimento humano, avançando com novas tecnologias e práticas, como a seleção de sementes e o uso de resíduos orgânicos. No Brasil, esse setor é crucial para a economia, contudo, também contribui para a desigualdade social e a destruição ambiental, como o desmatamento, a redução da biodiversidade e a poluição pelo uso intensivo de agrotóxicos (HERNANDES *et al.*, 2022). Portanto, é necessário buscar materiais sustentáveis para a adubação do solo.

A disponibilidade de nutrientes no solo é essencial para a fertilidade das culturas. Contudo, a aplicação indiscriminada de fertilizantes contribui para a poluição ambiental. Materiais superabsorvedores, como hidrogéis de biopolímeros biodegradáveis, podem mitigar esses problemas ao permitir a liberação gradual de nutrientes, favorecendo a absorção pelas plantas e reduzindo a poluição do solo e da água (DAS E GHOSH, 2022).

O uso de hidrogéis na agricultura tem se destacado pela presença de redes poliméricas reticuladas em sua estrutura, que conferem a esses materiais uma elevada capacidade de absorver e reter grandes volumes de água. Essas propriedades tornam os hidrogéis ferramentas valiosas na agricultura, permitindo a liberação sustentada de água e nutrientes, beneficiando tanto o solo quanto as plantas (AKALIN E PULAT, 2020).

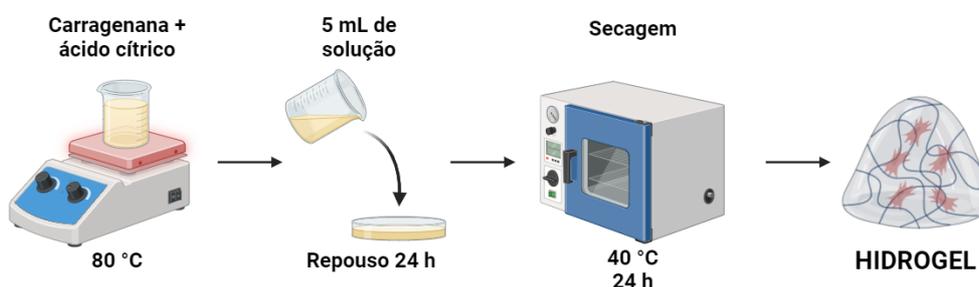
Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver hidrogéis a partir do uso do biopolímero carragenana e do ácido cítrico como reticulante e caracterizar os materiais visando sua potencial aplicação na agricultura.

2. METODOLOGIA

2.1 Produção dos hidrogéis

Os hidrogéis foram produzidos utilizando a metodologia adaptada de AKALIN E PULAT (2020), descrita na Figura 1.

Figura 1 – Produção dos hidrogéis



2.2 Caracterização

A capacidade de absorção de água (CAA) do hidrogel foi determinada pelo método gravimétrico. Uma amostra seca foi pesada e imersa em água destilada. Em intervalos de 5 min a 24 h, o hidrogel foi retirado, o excesso de água foi removido com papel filtro e o material foi pesado novamente. A CAA foi calculada conforme a Equação 1.

$$CAA (\%) = \frac{m_t - m_s}{m_s} * 100 \quad (1)$$

onde m_t é a massa no intervalo de tempo (g) e m_s é a massa do hidrogel seco (g).

A degradação *in vitro* foi analisada em solução salina tamponada com fosfato (PBS) de pH 7. Após 24 h imersas em água, as amostras secas foram pesadas imersas na solução PBS. Durante 10 dias, foi registrada a perda de massa (PM) do hidrogel. Os resultados de PM foram obtidos a partir da Equação 2.

$$PM (\%) = \frac{m_i - m_t}{m_i} * 100 \quad (2)$$

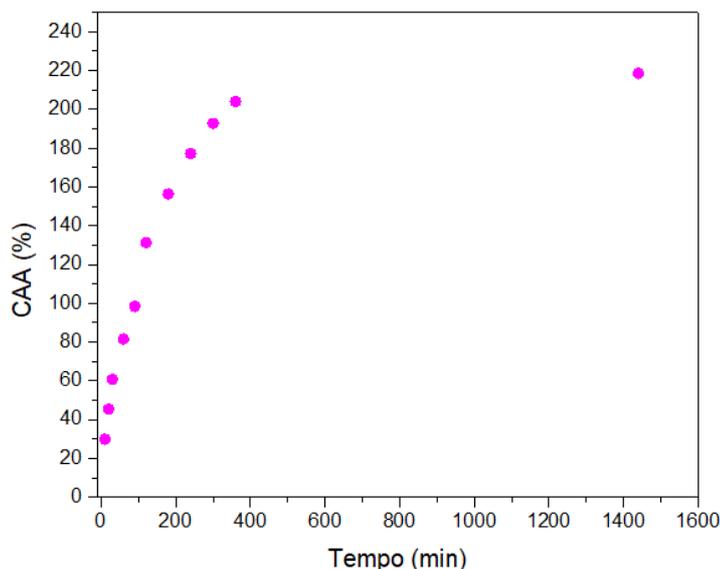
onde m_i é a massa inicial (g) e m_t é a massa no intervalo de tempo (g).

As características morfológicas do hidrogel foram analisadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV; JEOL JSM 6610, USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

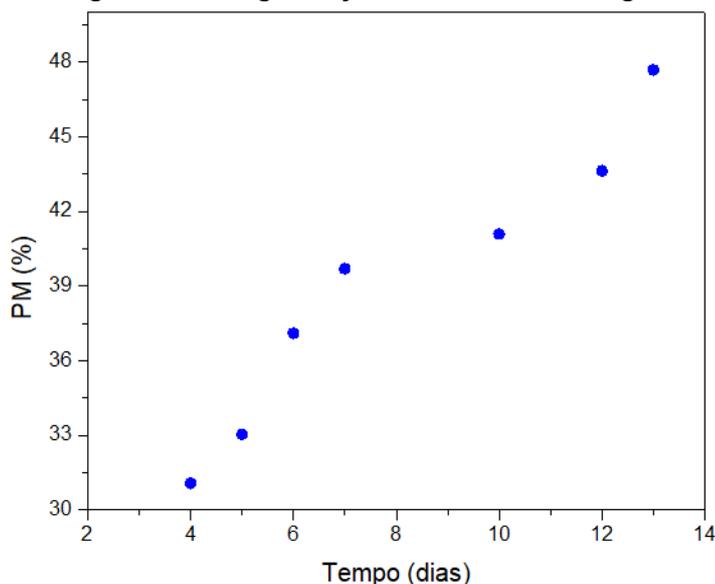
Os resultados obtidos para a CAA estão ilustrados na Figura 1. Essa propriedade está diretamente relacionada à hidrofiliabilidade do hidrogel, que, conforme mostrado no gráfico, apresenta um aumento gradual de intumescimento, atingindo um valor máximo de 218,58% após 24 h. A CAA é essencial para viabilizar o uso do hidrogel na agricultura, pois minimiza a perda de água por evaporação e percolação, além de distribuir a água de forma mais uniforme e eficaz nas raízes das plantas, reduzindo o desperdício. Além disso, a CAA contribui para a aeração e descompactação do solo, e está associada à liberação controlada de nutrientes e fertilizantes (SOUZA *et al.* 2021).

Figura 1 – CAA do hidrogel em 24 h



Os dados de degradação *in vitro*, apresentados na Figura 2, indicam uma perda de massa significativa ao longo do período analisado. Esse processo ocorre devido à hidrofiliabilidade dos hidrogéis, que começa com a difusão de água em sua matriz, resultando na ruptura de estruturas secundárias e terciárias, estabilizadas por interações fracas, como forças de Van der Waals ou ligações de hidrogênio. Fatores como o tamanho dos poros, o pH, a temperatura e a presença de grupos como $-\text{COO}^-$, carregados negativamente na cadeia polimérica, também influenciam a degradação. Esses grupos exercem um efeito repelente sobre os grupos $-\text{OH}$ que catalisam a degradação hidrolítica, protegendo, assim, as ligações éster ou amida do ataque de $-\text{OH}$ (GARCIA *et al.* 2024).

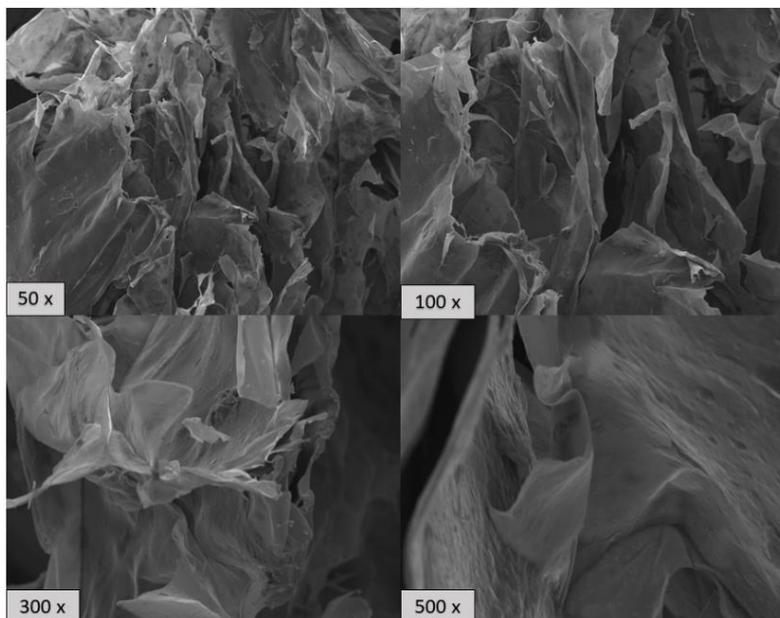
Figura 3 – Degradação *in vitro* do hidrogel



A análise morfológica do material revela uma estrutura porosa e irregular, o que favorece a permeação de água no hidrogel. Essa característica é crucial para sua aplicação em liberação sustentada de nutrientes e fertilizantes, uma vez que a

presença de uma superfície tridimensional bem conectada facilita tanto o transporte de água quanto a liberação e difusão de compostos (DAS E GHOSH, 2022).

Figura 4 – Análise morfológica do hidrogel



4. CONCLUSÕES

O presente trabalho avaliou o desenvolvimento de hidrogéis a partir do uso da carragenana, um biopolímero biodegradável. As caracterizações indicaram uma CAA, perfil de decomposição *in vitro* e morfologia satisfatórios para sua aplicação na agricultura. Esses resultados são promissores para a realização de estudos futuros que investiguem as propriedades do material de forma mais detalhada, bem como a impregnação de nutrientes e fertilizantes para liberação sustentada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKALIN, G.O.; PULAT, M. Preparation and characterization of κ -carrageenan hydrogel for controlled release of copper and manganese micronutrients. **Polymer Bulletin**. v. 77, p. 1359–1375, 2020.
- DAS, S.K.; GHOSH, G.K. Hydrogel-biochar composite for agricultural applications and controlled release fertilizer: A step towards pollution free environment. **Energy**, v.242, p. 122977, 2022.
- GARCIA, A.G.; GONZÁLEZ, S.M.; MENDEZ, S.L.; *et al.* Biodegradable Natural Hydrogels for Tissue Engineering, Controlled Release, and Soil Remediation. **Polymers**. v. 16, p. 2599, 2024.
- HERNANDES, T.A.D.; DE OLIVEIRA BORDONAL, R.; DUFT, D.G. *et al.* Implications of regional agricultural land use dynamics and deforestation associated with sugarcane expansion for soil carbon stocks in Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 22, n. 49, 2022.
- SOUSA, H.R.; LIMA, I.S.; NERIS, L.M.L.; *et al.* Superabsorbent Hydrogels Based to Polyacrylamide/Cashew Tree Gum for the Controlled Release of Water and Plant Nutrients. **Molecules**. v. 26, p. 2680, 2021.