

## DENSIDADE, POROSIDADE E CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DE CRIOGÉIS A BASE DE AMIDOS DE FEIJÃO E DE ERVILHA

**ESTEFANI TAVARES JANSEN<sup>1</sup>; ELDER PACHECO DA CRUZ<sup>2</sup>; GABRIEL LUCAS PAIL<sup>3</sup>; ALVARO RENATO GUERRA DIAS<sup>4</sup>, ELESSANDRA DA ROSA ZAVAREZE<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – estefani\_tj@hotmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – elder-pdc@hotmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – gabriel.pail@hotmail.com*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – alvaro.guerradias@gmail.com*

<sup>5</sup>*Universidade Federal de Pelotas – elessandrad@yahoo.com.br*

### 1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação da população em relação ao consumo de alimentos seguros e com maior qualidade, associada a fatores como o aumento das distâncias em que os produtos são transportados e o crescimento da população mundial, impulsionou o desenvolvimento de novas tecnologias para embalagens, a exemplo das embalagens ativas. Esses sistemas são projetados para interagir de modo intencional com o alimento, liberando ou absorvendo compostos de interesse no interior da embalagem, a fim de proporcionar maior a vida útil dos produtos embalados (FIROUZ; MOHI-ALDEN; OMID, 2021; LOU et al., 2025).

Os absorvedores de umidade/exsudado são exemplos de embalagens ativas, em que a água, geralmente, é o composto absorvido no interior de embalagem. Esse controle do volume de líquido na embalagem é importante, visto que uma grande quantidade de água em contato com o alimento pode ocasionar efeitos sensoriais negativos, como alteração de textura e aparência. Além de influenciar negativamente na atratividade do produto e intenção de compra do consumidor. Assim, os criogéis tornaram-se promissores materiais para serem aplicados como embalagens ativas, uma vez que são sólidos hidrofílicos que apresentam notável capacidade de absorção de água (CARVALHO et al., 2025; ZHAO et al., 2024).

O processo de síntese dos criogéis é relativamente simples e utiliza a liofilização como técnica de secagem. Além disso, diferentes polímeros podem ser empregados na produção dos criogéis, como o amido, que é um biopolímero biodegradável, com custo reduzido e amplamente abundante na natureza (SILVA et al., 2020; ZHU, 2025).

O amido pode ser extraído de diversas fontes naturais e renováveis, como a ervilha, onde representa cerca de 50% em peso seco das mesmas, e é um subproduto do processo de produção de proteína de ervilha, assim como o feijão, onde a extração de amido apresenta-se como uma alternativa de aplicação para os grãos de baixo valor comercial, como grãos de escurecimento rápido e de difícil cozimento (CRUZ et al., 2025; PACHECO et al., 2024).

Nesse contexto, o objetivo do estudo foi sintetizar criogéis a partir de amidos de feijão e de ervilha e avaliar a influência da fonte botânica nos parâmetros porosidade, densidade e capacidade de absorção de água do criogel.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Obtenção dos amidos

O amido de feijão foi extraído conforme estudo anterior, apresentando 41% de amilose (PACHECO et al., 2024). O amido de ervilha foi fornecido pela Yantai Oriental Protein Tech Co., LTD. (Shandong, China) e apresentou teor de amilose igual a 61%, conforme relatado anteriormente por CRUZ et al. (2024).

### 2.2 Síntese dos criogéis

Para a síntese dos criogéis de amidos de feijão e de ervilha, 2,5 g de cada amido foram dissolvidos em 50 mL de água destilada (5% p/v) e parcialmente gelatinizados a 90 °C por 30 min sob agitação magnética (Fisatom, 752A, Brasil), formando um hidrogel. Os hidrogéis foram homogeneizados por ~5 min em Ultra-Turrax (IKA®, T18B, Alemanha) a 11.000 rpm, vertidos em moldes plásticos e congelados por 24 h. Posteriormente, realizou-se a reticulação física, que consistiu em cinco ciclos de congelamento (-17 °C) e descongelamento (24 °C), onde cada ciclo tinha ~12 h. Em seguida, os criogéis foram liofilizados (Liotopt K108, Brasil) até completa desidratação. Após, os criogéis secos foram selados com parafilme e armazenados em dessecador para evitar a absorção de umidade.

### 2.3 Densidade e porosidade dos criogéis

A densidade dos criogéis de amido de feijão e ervilha foi mensurada através de medidas de suas dimensões (altura e largura) e massa. Para a porosidade foram utilizados os mesmos parâmetros, além da densidade de cada amido (feijão igual a 0,77 g.cm<sup>-3</sup> e ervilha 0,66 g.cm<sup>-3</sup>). Os resultados foram expressos em g.cm<sup>-3</sup> para a densidade e % para a porosidade (Costa et al., 2024).

### 2.4 Capacidade de absorção de água dos criogéis

A capacidade de absorção de água dos criogéis dos amidos de feijão e de ervilha foi realizada de acordo com o protocolo adaptado de Demitri et al. (2013). Cada criogel foi submerso em 50 mL de água destilada e acondicionado em temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C) por período de 24 h. Antes e após esse intervalo de tempo, cada amostra foi pesada e os resultados expressos em percentagem.

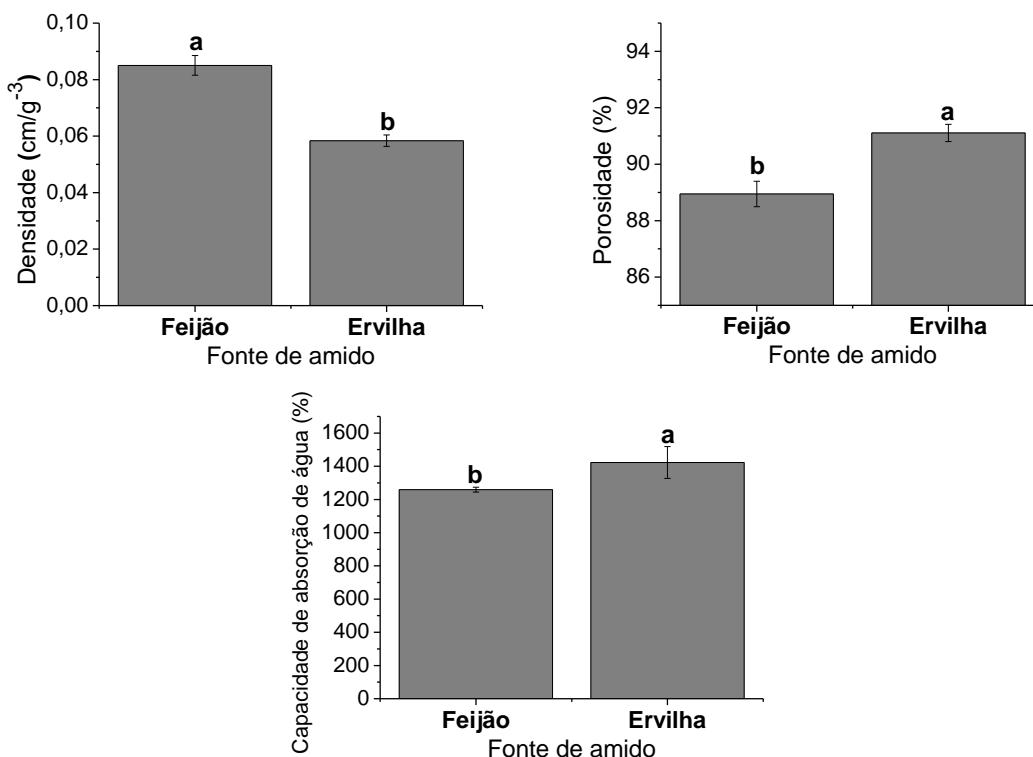
### 2.5 Análise estatística

Foi realizada análise estatística dos dados obtidos por meio do teste t de Student, adotando-se nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os criogéis sintetizados demonstraram baixa densidade e esse parâmetro foi influenciado pela fonte de amido. O criogel de amido de feijão apresentou densidade igual a 0,085 g.cm<sup>-3</sup>, valor superior em comparação ao criogel de amido de ervilha, com 0,0585 g.cm<sup>-3</sup> (Figura 1a). No entanto, de acordo com Druel et al. (2017), ambos os materiais são considerados leves e de baixa densidade, pois apresentam densidade inferior a 0,2 g.cm<sup>-3</sup>.

Figura 1. Densidade, porosidade e capacidade de absorção de água dos criogéis de amidos de feijão e ervilha.



Em relação à porosidade, conforme Figura 1b, observou-se que ambos os criogéis apresentam alta porosidade (superior a 88%). Porém, o criogel de amido de ervilha apresentou maior porosidade do que o de amido de feijão. Esse comportamento, inversamente proporcional à densidade, é amplamente descrito na literatura, como evidenciado por Costa et al. (2024) em criogéis de amidos de mandioca, de milho, de feijão e de batata.

Os criogéis de amidos de feijão e ervilha também exibiram alta capacidade de absorção de água (Figura 1c), com valores iguais a 1422,4 e 1259,5%, respectivamente. As hidroxilas livres presentes no amido são responsáveis pela sua natureza hidrofílica e provavelmente explicam a alta capacidade de absorção de água dos criogéis. Ainda, a alta porosidade do criogel associada à baixa densidade tende a conferir maior capacidade de absorção de água, conforme observado para o criogel de amido de ervilha em comparação ao criogel de amido de feijão (DHUA; GUPTA; MISHRA, 2022; WAN et al., 2019).

#### 4. CONCLUSÕES

Os criogéis produzidos a partir de amido de feijão e de ervilha apresentaram baixa densidade, alta porosidade e elevada capacidade de absorção de água. Todavia, a fonte botânica do amido influenciou nas propriedades dos criogéis. Considerando esses parâmetros, associados ao simples processo de produção dos criogéis, esses materiais apresentam potencial para compor embalagens ativas, absorvendo a umidade/exsudado presente no interior da embalagem, de modo a proporcionar maior extensão da vida útil dos alimentos embalados, como vegetais minimamente processados, pescados e cárneos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, L.; PEREIRA, I. D. O.; ANDREANI, L.; CUNHA, F.; R.; LUZ, S. M.; DIAS, R. M.; SILVA, A. M. A.; VALADARES, L. F.; MONTEIRA, S. Production of oleogels from cellulose and starch cryogels: Morphological, thermal, mechanical, and viscoelastic properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 217, 117406, 2025.
- COSTA, D. A.; SILVA, F. T.; CRUZ, E. P.; FONSECA, L. M.; JANSEN, E. T.; OLIVEIRA, R. M.; SOUZA, A. S.; ZAVAREZE, E. R.; ZAMBIAZI, R. C. Water-Absorbent Biodegradable Aerogels Based on Potato, Cassava, Bean, and Maize Starches Applied in the Absorption of Chicken Exudate. **Starch**, v. 76, p. 1–10, 2024.
- CRUZ, E. P.; SANTOS, F. N.; SOUZA, J. F.; SOUZA, E. J. D.; FONSECA, L. M.; FAJARDO, A. R.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A.R.G. Impact of concentration and aging time of pea starch-based polymeric solutions on the fabrication of electrospun nanofibers. **Polymers for Advanced Technologies**, v. 35, n. 6, e6479, 2024.
- DEMITRI, C.; SCALERA, F.; MADAGHIELE, M.; SANNINO, A.; MAFFEZZOLI, A. Potential of cellulose-based superabsorbent hydrogels as water reservoir in agriculture. **International Journal of Polymer Science**, v. 2013, 435073, 2013.
- DHUA, S.; GUPTA, A. K.; MISHRA, P. Aerogel: Functional Emerging Material for Potential Application in Food: a Review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 15, p. 2396-2421, 2022.
- DRUEL, L.; BARDL, R.; VORWERG, W.; BUDTOVA, T. Starch Aerogels: A Member of the Family of Thermal Superinsulating Materials. **Biomacromolecules**, v. 18, p. 4232–4239, 2017.
- FIROUZ, M. S.; MOHI-ALDEN, K.; OMID, M. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. **Food Research International**, v. 141, 110113, 2021.
- LOU, W.; HUANG, Z.; SHAO, Q.; SHAN, Y.; SHI, D.; CHEN, Z.; ZHANG, J.; YU, W.; WANG, J.; YANG, H.; CAI, M. Recent advances in active packaging: Insights into novel functional elements, response strategies and applications for food preservation. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 49, 101489, 2025.
- PACHECO, C. O.; PIRES, J. B.; FONSECA, L. M.; JANSEN-ALVES, C.; CRUZ, E. P.; SANTOS, F. N.; SANTANA, L. R.; CARRENO, N. L. V.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R. Curcumin-loaded antioxidant oleogels based on native and modified bean starches. **Food Bioscience**, v. 61, 104994, 2024.
- SILVA, F. T.; OLIVEIRA, J. P.; FONSECA, L. M.; BRUNI, G. P.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G Physically cross-linked aerogels based on germinated and non-germinated wheat starch and PEO for application as water absorbers for food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 155, p. 6–13, 2020.
- WAN, C.; JIAO, Y.; WEI, S.; ZHANG, L.; WU, Y.; LI, J. Functional nanocomposites from sustainable regenerated cellulose aerogels: A review. **Chemical Engineering Journal**, v. 359, p. 459-475, 2019.
- ZHAO, D.; ZHANG, X.; XHANG, Y.; XU, E.; YAN, S.; XU, H.; LI, M. Recent advances in the fabrication, characterization and application of starch-based materials for active food packaging: hydrogels and aerogels. **Sustainable Food Technology**, v. 2, p. 615-634, 2024.
- ZHU, F. Starch based films and coatings for food packaging: Interactions with phenolic compounds. **Food Research International**, v. 204, 115758, 2025.