

## ARTIGO TÉCNICO

# APLICAÇÃO DA ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA EM EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS PARA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

Atos Henrique Santos<sup>1</sup>; Geovanna Cruvinel Vian<sup>2</sup>, Geovana Rocha  
Plácido<sup>3</sup>, Leandro Pereira Cappato<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

Autor para correspondência (email): [atos.henriquesantos1221@gmail.com](mailto:atos.henriquesantos1221@gmail.com);  
[geovanna.cruvinel@estudante.ifgoiano.edu.br](mailto:geovanna.cruvinel@estudante.ifgoiano.edu.br)



## ★ DESTAQUE

*Embalagens sustentáveis compatíveis com HPP apresentam potencial para ampliar a segurança microbiológica, preservar a qualidade dos alimentos e reduzir impactos ambientais.*

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por tecnologias capazes de aumentar a segurança microbiológica e a vida útil dos alimentos tem impulsionado o desenvolvimento de métodos alternativos aos tratamentos térmicos convencionais. Paralelamente, o setor alimentício enfrenta desafios relacionados ao uso de embalagens plásticas derivadas do petróleo e aos impactos ambientais decorrentes do seu descarte.

Nesse contexto, a Alta Pressão Hidrostática (High Pressure Processing – HPP) destaca-se como uma tecnologia não térmica capaz de inativar microrganismos deteriorantes e patogênicos por meio

da aplicação de pressões elevadas, preservando as características sensoriais e nutricionais dos alimentos. Como o processamento ocorre com o produto já embalado, a embalagem desempenha um papel fundamental na manutenção da qualidade e da integridade do sistema.

Ao mesmo tempo, embalagens produzidas a partir de biopolímeros vêm sendo estudadas como alternativas sustentáveis aos materiais convencionais. Dessa forma, a associação entre HPP e embalagens sustentáveis tem potencial para ampliar a conservação dos alimentos e reduzir os impactos ambientais. O presente trabalho analisa aplicações, desafios e perspectivas dessa integração com base em estudos recentes.

## 2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

### 2.1. Aplicações da HPP em sistemas de embalagens sustentáveis

A principal associação da alta pressão hidrostática às embalagens consiste no processamento de alimentos já acondicionados em materiais capazes de suportar pressões elevadas sem comprometer suas propriedades funcionais. Dessa forma, a embalagem deixa de atuar apenas como recipiente e passa a participar diretamente da conservação do alimento. Al-Ghamdi *et al.* (2022) avaliaram purê de abacate acondicionado em embalagens poliméricas multicamadas submetidas à esterilização térmica assistida por pressão (600 MPa, 90 °C e 5 minutos). Os autores observaram uma redução dos níveis de oxigênio dissolvido de aproximadamente 21% para 3% após o processamento. Além disso, a estrutura AlOx-PET/PA/PPP manteve praticamente inalterada a barreira ao oxigênio, demonstrando elevada compatibilidade com sistemas de alta pressão e potencial para aumentar a estabilidade oxidativa do produto.

Outra aplicação relevante envolve embalagens biodegradáveis ativas. Barbato *et al.* (2026) desenvolveram filmes compostos de PBS/PVOH revestidos com PLA contendo quercetina. A formulação com 7% de quercetina apresentou liberação máxima de aproximadamente 101,7 mg/L do composto antioxidante, reduzindo o escurecimento de fatias de abacate durante o armazenamento refrigerado. Esses resultados demonstram que embalagens sustentáveis podem atuar simultaneamente como barreira física e sistema ativo de conservação. A utilização de embalagens compatíveis com HPP também contribui para a segurança dos alimentos, uma vez que o processamento ocorre após o envase, minimizando os riscos de contaminação cruzada e de recontaminação pós-processamento. Essa característica favorece a manutenção da estabilidade microbiológica durante o armazenamento e constitui uma das principais vantagens da tecnologia para produtos refrigerados e minimamente processados. Adicionalmente, Jegatheeswaran *et al.* (2026) demonstraram que a incorporação de extratos vegetais em filmes biopoliméricos pode conferir propriedades antioxidantes e antimicrobianas aos materiais, ampliando sua aplicação em

alimentos minimamente processados e em produtos altamente perecíveis. As principais aplicações, desafios e perspectivas observados nos estudos analisados são apresentados na Figura 1. Além dos benefícios observados em escala experimental, a aplicação industrial da alta pressão hidrostática já está consolidada em produtos como sucos, polpas de frutas, guacamole, carnes processadas e refeições prontas. Nesses sistemas, a embalagem assume um papel estratégico, pois o processamento ocorre após o acondicionamento do alimento, o que reduz significativamente os riscos de recontaminação no pós-processamento. Dessa forma, embalagens sustentáveis compatíveis com HPP podem contribuir simultaneamente para a preservação da qualidade, o aumento da vida útil e a redução dos impactos ambientais associados aos materiais convencionais. Os resultados apresentados por Al-Ghamdi *et al.* (2022) e Barbato *et al.* (2026) demonstram que tanto embalagens de alta barreira quanto sistemas biodegradáveis ativos têm potencial de uso em cadeias produtivas que demandam elevada estabilidade microbiológica e oxidativa.

## 2.2. Desafios da integração entre HPP e embalagens sustentáveis

Apesar dos avanços observados, a compatibilidade entre materiais sustentáveis e pressões elevadas ainda constitui um dos principais desafios tecnológicos para a expansão da tecnologia. Marangoni Júnior *et al.* (2020) avaliaram embalagens flexíveis submetidas a 600 MPa por 10 minutos e observaram alterações nas propriedades mecânicas e na resistência de selagem. Foi observado que aproximadamente 20% das estruturas PET/Al/PA/PP processadas a 600 MPa e 90 °C apresentaram defeitos visuais após o processamento, evidenciando limitações estruturais para determinadas aplicações industriais.

Outro desafio está relacionado às propriedades dos biopolímeros. Embora materiais como PLA, PBS e PVOH apresentem vantagens ambientais, muitos ainda apresentam limitações em relação à resistência mecânica, estabilidade dimensional e propriedades de barreira quando comparados aos polímeros convencionais. Além disso, Otero e Datta (2026) destacam que a compressão durante o processamento provoca aquecimento adiabático da água de aproximadamente 2,9 °C para cada 100 MPa aplicados. Em condições de 600 MPa, esse aumento pode ultrapassar 17 °C, fator a ser considerado no desenvolvimento de embalagens capazes de manter a estabilidade estrutural durante o processamento. Os principais resultados experimentais identificados nos estudos analisados são resumidos na Tabela 1. Como recomendação técnica, os materiais destinados à aplicação em sistemas HPP devem apresentar elevada flexibilidade, resistência mecânica, estabilidade dimensional e adequada resistência à selagem. Além disso, devem possuir propriedades de barreira compatíveis com os requisitos do alimento processado, especialmente quanto ao oxigênio e ao vapor d'água. Estruturas multicamadas contendo polímeros de alta barreira, como as

avaliadas por Al-Ghamdi *et al.* (2022), demonstram desempenho promissor em aplicações industriais. Para embalagens biodegradáveis, torna-se necessária a otimização das propriedades mecânicas e da estabilidade estrutural, a fim de suportar pressões entre 400 e 600 MPa sem comprometimento funcional.

### 2.3. Perspectivas futuras

As perspectivas futuras concentram-se no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis multifuncionais capazes de suportar pressões elevadas sem perda de desempenho. Entre as principais tendências destacam-se os filmes ativos contendo antioxidantes naturais, compostos antimicrobianos e estruturas multicamadas sustentáveis.

A utilização de biopolímeros modificados, revestimentos ativos e materiais de alta barreira compatíveis com sistemas de alta pressão pode ampliar significativamente a aplicação da tecnologia em alimentos de maior valor agregado. Além disso, a integração entre sustentabilidade, funcionalidade e conservação tende a impulsionar o desenvolvimento de novas embalagens capazes de substituir parcialmente materiais de origem fóssil. Os principais resultados obtidos nos estudos analisados estão resumidos na Tabela 1.

**Figura 1 – Aplicações, desafios e perspectivas da utilização de embalagens sustentáveis em sistemas de alta pressão hidrostática para conservação de alimentos.**



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio de Inteligência Artificial (ChatGPT/OpenAI), com base em Al-Ghamdi *et al.* (2022), Marangoni Júnior *et al.* (2020), Otero e Datta (2026), Barbato *et al.* (2026) e Jegatheeswaran *et al.* (2026).

**Tabela 1 – Aplicações e resultados de embalagens sustentáveis associadas a sistemas de alta pressão hidrostática para conservação de alimentos.**

Embalagem avaliada	Condição de processamento	Resultado principal	Aplicação prática
PE/PA6/EVOH/PA6/PE	600 MPa; 90 °C; 5 min	O <sub>2</sub> dissolvido reduzido de 21% para 3%	Conservação de alimentos sensíveis à oxidação, como purês e produtos vegetais processados
AlOx-PET/PA/CPP	600 MPa; 90 °C; 5 min	Barreira ao oxigênio preservada após processamento	Embalagens de alta barreira para produtos submetidos à HPP com necessidade de estabilidade oxidativa
PET/Al/PA/PP	600 MPa; 90 °C; 10 min	Aproximadamente 20% das embalagens apresentaram defeitos visuais	Avaliação da resistência estrutural de embalagens flexíveis para uso industrial em HPP
PBS/PVOH + PLA + 7% quercetina	Armazenamento refrigerado	Liberção máxima de 101,7 mg/L de antioxidante	Embalagens biodegradáveis ativas para redução do escurecimento e aumento da vida útil de alimentos
Sistemas HPP	Até 600 MPa	Aquecimento adiabático de aproximadamente 2,9 °C/100 MPa	Desenvolvimento e seleção de embalagens compatíveis com variações térmicas durante o processamento

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Al-Ghamdi *et al.* (2022), Marangoni Júnior *et al.* (2020), Otero e Datta (2026), Barbato *et al.* (2026) e Jegatheeswaran *et al.* (2026).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alta pressão hidrostática mostrou-se uma tecnologia eficiente para aumentar a vida útil e a segurança microbiológica dos alimentos, preservando atributos sensoriais e nutricionais. Os estudos analisados demonstraram que embalagens de alta barreira e embalagens biodegradáveis ativas podem ser utilizadas em sistemas HPP, contribuindo para o controle da oxidação e para a estabilidade do produto durante o armazenamento. Entretanto, a aplicação industrial ainda depende da seleção adequada de materiais capazes de suportar pressões elevadas sem perda das propriedades mecânicas e de selagem. Nesse contexto, estruturas multicamadas de alta barreira e biopolímeros modificados representam alternativas promissoras. Assim, a integração entre HPP e embalagens sustentáveis apresenta potencial para atender simultaneamente às demandas de conservação, segurança dos alimentos e sustentabilidade ambiental, constituindo uma importante tendência para o desenvolvimento de sistemas alimentícios mais eficientes e sustentáveis.

**REFERÊNCIAS**

AL-GHAMDI, S. et al. Pressure-assisted thermal sterilization of avocado puree in high barrier polymeric packaging. **LWT - Food Science and Technology**, v. 155, 2022, 112960. DOI: [10.1016/j.lwt.2021.112960](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112960).

BARBATO, A.; INCARNATO, L.; APICELLA, A. Sealable PLA+quercetin coatings on biodegradable PBS/PVOH films for food packaging: release kinetics, antioxidant activity and shelf-life extension potential. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 55, 2026, 101749. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2026.101749>.

JEGATHEESWARAN, D. et al. Quantitative synthesis of plant extract incorporation in biopolymer films for sustainable food packaging. **Next Materials**, v. 12, 2026, 102332. DOI: [10.1016/j.nxmater.2026.102332](https://doi.org/10.1016/j.nxmater.2026.102332).

MARANGONI JÚNIOR, L. et al. Influence of high-pressure processing on morphological, thermal and mechanical properties of retort and metallized flexible packaging. **Journal of Food Engineering**, v. 273, 2020, 109812. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109812>.

OTERO, L.; DATTA, A. K. Modeling key thermophysical properties for high-pressure food processing: Foundations for a digital knowledge base. **Journal of Food Engineering**, v. 407, 2026, 112857. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2025.112857>.