



C A P Í T U L O 4

Valorização de Resíduos Agroindustriais como Fontes de Proteínas Alternativas para Fins Alimentícios

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782515104>

Mayara Zagoto

Universidade Estadual de Maringá – UEM, Paraná, Brasil.

Alexandra Perdigão Maia de Souza

Centro Universitário de Maringá Cesumar – UNICESUMAR, Maringá – PR.

Anna Beatriz de Carvalho Martins

Universidade Estadual de Maringá – UEM, Paraná, Brasil.

Elizângela Regina da Silva Martins

Universidade Estadual de Maringá – UEM, Paraná, Brasil.

Ellen Cristina de Moraes Costa

Universidade Estadual de Maringá – UEM, Paraná, Brasil.

Francisca Jussandra Alves Vieira

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, Brasil.

Isadora de Brito Hilario

Universidade Estadual de Maringá – UEM, Paraná, Brasil.

Lainy Waleska de Brito Sodré

Universidade Estadual de Maringá – UEM, Paraná, Brasil.

Luciene dos Santos Sobczak

Universidade Estadual de Maringá – UEM, Paraná, Brasil.

Samanta Shiraishi Kagueyama

Universidade Estadual de Maringá – UEM, Paraná, Brasil.

Simone Maria Altoe Porto

Universidade Estadual de Maringá – UEM, Paraná, Brasil.

Zulene Lima de Oliveira

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, Brasil.

RESUMO: A busca por fontes proteicas sustentáveis tem impulsionado o aproveitamento de resíduos agroindustriais na formulação de ingredientes funcionais. Antes vistos como subprodutos de baixo valor, esses materiais hoje são reconhecidos como recursos estratégicos para reduzir desperdícios e impactos ambientais, além de agregar valor às cadeias produtivas. Tortas, farelos, cascas e sementes oriundos das indústrias de óleos vegetais, frutas, cereais e leguminosas destacam-se por apresentarem alto teor proteico e compostos bioativos com potencial funcional. Tecnologias limpas, como ultrassom, enzimas e processos com membranas, têm se mostrado eficazes na extração e purificação dessas proteínas. Este capítulo aborda os avanços e perspectivas da valorização de resíduos agroindustriais como fontes alternativas de proteínas no contexto da sustentabilidade e da inovação alimentar.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos agroindustriais, proteínas alternativas, sustentabilidade, aproveitamento alimentar, inovação tecnológica.

INTRODUÇÃO

A intensificação da produção de alimentos nas últimas décadas trouxe importantes avanços tecnológicos e econômicos, mas também gerou impactos ambientais e sociais que desafiam a sustentabilidade do sistema agroalimentar. Estima-se que cerca de um terço dos alimentos produzidos mundialmente seja perdido ou desperdiçado ao longo da cadeia produtiva, representando não apenas um problema ético, mas também econômico e ambiental (FAO, 2023). Nesse contexto, a valorização de resíduos agroindustriais surge como uma estratégia essencial para reduzir o desperdício, promover a economia circular e desenvolver ingredientes alimentícios com alto valor nutricional e funcional.

Os resíduos e subprodutos provenientes do processamento de grãos, frutas, hortaliças e oleaginosas contêm compostos bioativos e proteínas de interesse tecnológico, que podem ser extraídos e aplicados em novos produtos alimentícios.

Esse reaproveitamento se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, especialmente no que se refere à promoção do consumo e produção responsáveis (ODS 12) e à erradicação da fome (ODS 2) (ONU, 2022).

A crescente busca por proteínas alternativas é impulsionada tanto pela necessidade de reduzir a dependência das fontes animais quanto pelas preocupações com os impactos ambientais da pecuária. Assim, resíduos agroindustriais, como farelos de soja e arroz, tortas de girassol, bagaços de frutas e cascas de leguminosas, apresentam-se como matérias-primas promissoras para a obtenção de proteínas vegetais e peptídeos bioativos (Zhao *et al.*, 2021). Tais proteínas, quando devidamente extraídas e purificadas, podem contribuir para a formulação de alimentos funcionais, suplementos e análogos cárneos, atendendo à demanda por produtos mais saudáveis e sustentáveis (Jiang *et al.*, 2022).

Além de oferecer benefícios ambientais, a valorização proteica de resíduos agroindustriais agrega valor econômico às cadeias produtivas e estimula a inovação na indústria alimentícia. Entretanto, a utilização desses resíduos requer o desenvolvimento de tecnologias adequadas de extração, tratamento e caracterização das proteínas, de modo a preservar suas propriedades nutricionais e funcionais. Portanto, compreender os avanços, desafios e perspectivas nesse campo é fundamental para consolidar práticas que promovam a sustentabilidade e a inovação no setor de alimentos.

Resíduos agroindustriais e sustentabilidade alimentar

A sustentabilidade alimentar é um dos pilares centrais das discussões contemporâneas sobre segurança alimentar e transição ecológica. No contexto industrial, a geração de resíduos é inevitável; contudo, sua destinação e aproveitamento determinam o nível de impacto ambiental e econômico causado por essas atividades. A agroindústria, responsável pelo processamento de grandes volumes de matérias-primas vegetais, gera subprodutos como cascas, sementes, bagaços, talos e polpas, que frequentemente são descartados ou subutilizados, mesmo contendo componentes de alto valor nutricional e tecnológico (Costa *et al.*, 2020).

A valorização desses resíduos consiste em transformá-los em matérias-primas secundárias para novos produtos, agregando valor e promovendo a economia circular. Essa abordagem reduz o uso de recursos naturais, minimiza emissões de gases de efeito estufa e evita o descarte inadequado de resíduos orgânicos, que contribuem para a poluição do solo e da água (Silva *et al.*, 2021). Além disso, promove a inclusão de pequenos produtores e cooperativas em cadeias sustentáveis, estimulando a inovação social e o desenvolvimento local.

Diversos estudos têm apontado que o reaproveitamento de resíduos agroindustriais permite não apenas a recuperação de proteínas, mas também de fibras alimentares, compostos fenólicos e minerais, favorecendo a formulação de produtos com propriedades funcionais e benefícios à saúde (Gonçalves *et al.*, 2022). Assim, a valorização proteica desses resíduos representa uma interseção entre sustentabilidade ambiental, inovação tecnológica e promoção da saúde humana.

No âmbito científico e tecnológico, essa valorização se consolida por meio de pesquisas que visam à caracterização química e à padronização de processos de extração e purificação das proteínas vegetais. A literatura recente demonstra avanços significativos na utilização de técnicas de baixo impacto ambiental, como extração assistida por ultrassom, hidrólise enzimática e precipitação isoelétrica (Chen *et al.*, 2023). Tais métodos ampliam a eficiência do aproveitamento proteico, reduzindo o consumo de solventes e energia, e contribuindo para um modelo de produção mais verde.

A sustentabilidade, portanto, não se limita ao aproveitamento material dos resíduos, mas inclui também aspectos econômicos e sociais, que envolvem o fortalecimento de cadeias produtivas mais justas e resilientes. Nesse sentido, a valorização dos resíduos agroindustriais como fontes de proteínas alternativas reflete um novo paradigma na produção de alimentos — um paradigma que une ciência, ética e inovação.

Essa mudança de perspectiva impulsiona o desenvolvimento de tecnologias limpas e de modelos produtivos baseados na economia circular, nos quais cada etapa da cadeia alimentar busca agregar valor e minimizar desperdícios. Ao integrar conhecimento científico, responsabilidade social e inovação tecnológica, o aproveitamento de resíduos agroindustriais fortalece não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também o papel transformador da indústria de alimentos na promoção da saúde, da segurança alimentar e do equilíbrio entre produção e preservação dos recursos naturais.

Na tabela 1 são descritos os resíduos agroindustriais utilizados como fontes de proteínas alternativas.

Resíduo agroindustrial	Origem / Processo industrial	Teor médio de proteína (% m/m)	Aplicações alimentícias potenciais	Referências
Farelo e torta de soja	Subproduto da extração de óleo vegetal	45–49	Análogos cárneos, bebidas proteicas, ingredientes funcionais	(Kumar et al., 2020; Alarape et al., 2024)
Farelo de girassol	Indústria de óleos comestíveis	30–40	Fortificação de panificados, produtos à base de plantas	(De Moraes e Burkert, 2022)
Farelo de arroz	Beneficiamento de grãos	12–18	Massas e pães enriquecidos, bebidas funcionais	(Souza et al., 2022; Oliveira et al., 2023)
Bagaço de uva	Indústria de sucos e vinhos	8–15	Alimentos antioxidantes, suplementos e extratos funcionais	(Caponio et al., 2022; Zhang et al., 2024)
Sementes de maracujá	Processamento de polpas e sucos	20–30	Farinhas proteicas, sobremesas e bebidas enriquecidas	(Tocmo et al., 2020; Chen et al., 2023)
Resíduos de leguminosas (grão-de-bico, ervilha)	Indústria de moagem e enlatados	20–30	Sopas, produtos fermentados e análogos cárneos	(Martins et al., 2021; Gonçalves et al., 2022)
Torta de amendoim	Extração de óleo vegetal	45–55	Suplementos e shakes proteicos, panificados enriquecidos	(Ahmad et al., 2020; Oliveira et al., 2023)

Resíduo agroindustrial	Origem / Processo industrial	Teor médio de proteína (% m/m)	Aplicações alimentícias potenciais	Referências
Casca de banana	Processamento de frutas	6–10	Farinhas, snacks e produtos de panificação funcional	(Tang et al., 2024)

Tabela 1. Resíduos agroindustriais utilizados como fontes de proteínas alternativas

Fonte: Adaptado pelos autores

Fontes proteicas alternativas e composição nutricional

A demanda por proteínas sustentáveis tem impulsionado o interesse científico e industrial por fontes alternativas derivadas de resíduos agroindustriais. Esses subprodutos, resultantes do processamento de cereais, leguminosas, frutas e oleaginosas, contêm frações proteicas de elevado valor biológico, além de compostos bioativos que podem contribuir para a promoção da saúde e para o desenvolvimento de alimentos funcionais. O aproveitamento dessas proteínas representa uma alternativa estratégica frente aos desafios globais de segurança alimentar e às pressões ambientais associadas à produção de proteína animal (Zhao et al., 2021).

Entre as principais fontes vegetais provenientes de resíduos agroindustriais destacam-se as tortas e farelos obtidos após a extração de óleos de soja, girassol, gergelim e amendoim, que podem apresentar teores de proteína variando entre 30 e 50% (Wani et al., 2020). Esses resíduos são ricos em aminoácidos essenciais, especialmente lisina, leucina e valina, e apresentam potencial para uso em formulações de análogos cárneos, bebidas proteicas e suplementos nutricionais. De modo semelhante, os farelos de arroz e trigo, com teores proteicos entre 12 e 18%, são amplamente estudados por sua capacidade de fornecer proteínas solúveis e peptídeos com propriedades antioxidantes e hipocolesterolêmicas (Souza et al., 2022).

Os resíduos da indústria de frutas, como bagaços de uva, maracujá, manga e abacate, também têm se mostrado fontes interessantes de proteínas e compostos bioativos. Embora possuam teores proteicos mais baixos (3 a 10%), esses resíduos se destacam pela presença de polifenóis, flavonoides e fibras que podem atuar sinergicamente com as proteínas, conferindo propriedades funcionais aos alimentos elaborados (Tocmo et al., 2020). Além disso, o bagaço de frutas tropicais, por ser rico em pectina e outros polissacarídeos, favorece a estabilidade e a textura de produtos alimentícios enriquecidos com proteínas vegetais (Oliveira et al., 2023).

Os resíduos de leguminosas, como ervilha, feijão e grão-de-bico, merecem destaque por apresentarem alto teor proteico (20 a 30%) e excelente perfil de aminoácidos, além de baixa pegada ambiental em comparação com fontes animais

(Martins *et al.*, 2021). A utilização dessas fontes na indústria alimentícia pode contribuir para diversificar o portfólio de produtos plant-based, atendendo à demanda por alimentos saudáveis, éticos e ambientalmente responsáveis.

O potencial nutricional das proteínas derivadas de resíduos agroindustriais depende, entretanto, de fatores como a espécie vegetal, o método de processamento e o tipo de tratamento térmico ou mecânico aplicado. Processos inadequados podem causar desnaturação proteica, redução da digestibilidade e perda de compostos bioativos. Por isso, a otimização das condições de extração e purificação é essencial para garantir o aproveitamento máximo desses recursos (González *et al.*, 2022).

Dessa forma, o estudo e a caracterização das fontes proteicas alternativas provenientes de resíduos agroindustriais não apenas favorecem a sustentabilidade e a economia circular, mas também impulsionam o desenvolvimento de novos ingredientes e produtos alimentícios mais saudáveis e acessíveis.

Métodos de extração e purificação de proteínas

A escolha do método de extração de proteínas provenientes de resíduos agroindustriais é um dos fatores determinantes para o aproveitamento eficiente e sustentável desses recursos. O tipo de processo utilizado influencia diretamente o rendimento, a funcionalidade e a qualidade nutricional das proteínas obtidas. Nos últimos anos, tem-se observado uma transição de técnicas convencionais, baseadas no uso intensivo de solventes químicos e altas temperaturas, para métodos mais sustentáveis, conhecidos como “tecnologias verdes”, que visam reduzir o impacto ambiental e preservar a integridade das biomoléculas (Nadar *et al.*, 2021).

Os métodos tradicionais de extração incluem a precipitação isoelettrica e a extração alcalina, amplamente utilizadas por sua eficiência na recuperação proteica. Contudo, essas técnicas frequentemente exigem o uso de reagentes químicos e elevadas quantidades de água, além de poderem alterar a estrutura das proteínas e comprometer sua funcionalidade (Tan *et al.*, 2020). Para superar essas limitações, a indústria e a pesquisa acadêmica têm investido em tecnologias alternativas, como a extração assistida por ultrassom (EAU), a extração enzimática e o uso de membranas filtrantes, que permitem maior eficiência com menor impacto ambiental.

A extração assistida por ultrassom tem se destacado por promover a ruptura das paredes celulares por cavitação, facilitando a liberação de proteínas e reduzindo o tempo de processamento. Já a hidrólise enzimática é amplamente empregada para liberar peptídeos bioativos, utilizando enzimas específicas (como alcalase, pepsina e tripsina), que preservam a qualidade nutricional e aumentam a digestibilidade (Villarino *et al.*, 2022). A filtração por membranas (micro, ultra e nanofiltração), por sua vez, é considerada uma técnica limpa e eficiente para a separação e concentração

de proteínas vegetais, apresentando potencial para aplicação industrial em larga escala (Silva *et al.*, 2021).

Essas metodologias podem ser aplicadas isoladamente ou de forma combinada, resultando em maior rendimento proteico e em produtos com melhor perfil funcional. Além disso, a integração dessas tecnologias com estratégias de biorrefinaria tem permitido a recuperação simultânea de proteínas, fibras e compostos bioativos, fortalecendo o conceito de aproveitamento integral dos resíduos agroindustriais.

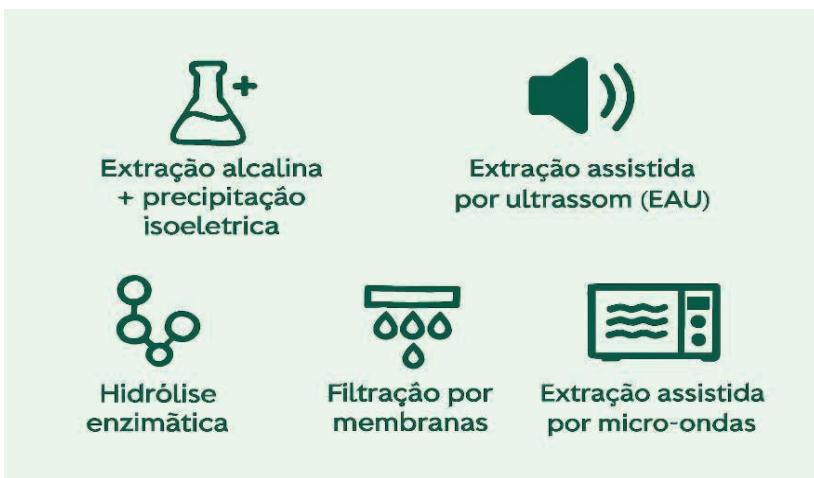


Figura 1 – Principais métodos de extração e purificação de proteínas de resíduos

Fonte: Adaptado pelos autores

Esses avanços demonstram que a valorização proteica de resíduos agroindustriais depende não apenas da escolha da matéria-prima, mas também do emprego de processos tecnológicos que conciliem eficiência e sustentabilidade. Assim, o desenvolvimento de métodos de extração limpos e de baixo custo representa um passo essencial para o fortalecimento da bioeconomia e da indústria de alimentos sustentáveis.

Esses exemplos evidenciam o potencial das proteínas recuperadas de resíduos agroindustriais como ingredientes versáteis e de alto valor agregado. Sua incorporação em produtos alimentícios não apenas melhora o perfil nutricional e funcional das formulações, como também contribui para a consolidação de um modelo de produção sustentável e circular.

No entanto, para que a utilização dessas proteínas seja ampliada em escala industrial, é necessário superar desafios relacionados à padronização da matéria-

prima, à estabilidade sensorial e à aceitação do consumidor. Tais aspectos serão abordados na próxima seção, que discute as limitações e perspectivas futuras desse campo de pesquisa e inovação.

CONCLUSÃO

Pode se concluir que a valorização de resíduos agroindustriais para a obtenção de proteínas alternativas configura uma estratégia sustentável que une eficiência tecnológica, valor nutricional e responsabilidade ambiental. As proteínas extraídas desses resíduos apresentam propriedades funcionais e composição equilibrada, favorecendo sua aplicação em diferentes matrizes alimentícias.

Além de reduzir impactos ecológicos, essa prática fortalece a economia circular e impulsiona a inovação no setor de alimentos. Assim, as proteínas obtidas de resíduos agroindustriais consolidam-se como alternativas promissoras para o desenvolvimento de produtos mais saudáveis, sustentáveis e alinhados às demandas contemporâneas de consumo consciente.

REFERÊNCIAS

AHMAD, T.; AHMAD, K.; ALAM, M. Utilization of fruit and vegetable waste as livestock feed and as substrate for biofuel production — A sustainable approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 276, p. 123–211, 2020.

ALAREPE, O. E.; FASOGBON, T. O.; ADEYEMO, S. M. Valorização do farelo de soja para desenvolvimento de ingredientes proteicos sustentáveis. *Food Chemistry Advances*, v. 4, 100189, 2024.

BARBOSA, M. I. M. J.; SILVA, M. A.; SOARES, S. E. Aproveitamento de resíduos agroindustriais para obtenção de ingredientes funcionais. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 24, e2020112, 2021.

CAPONIO, F. et al. Valorização de subprodutos do processamento de alimentos: estratégias e aplicações. *Foods* (MDPI) (2022).

CHEN, C.; DENG, L.; LIU, H.; WANG, J. Green extraction of proteins and peptides from plant residues: *Techniques and applications in food industry*. *Food Chemistry Advances*, v. 2, 100163, 2023.

COSTA, A. M.; SOUZA, E. S.; RODRIGUES, R. F. Potencial de aproveitamento de resíduos agroindustriais como fonte de proteínas vegetais. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, p. e2039108454, 2020.

DA SILVA ALVES, Eloize et al. Proteínas vegetais como alimentos funcionais-revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 5869-5879, 2020.

DE MORAES, C. C.; BURKERT, J. F. M. Extração de proteínas de girassol: métodos, propriedades funcionais e potenciais aplicações. **Food Research International**, v. 152, 110868, 2022.

DE MORAES, C. C.; BURKERT, J. F. M. Proteínas alternativas: fontes emergentes e suas aplicações tecnológicas. **Food Research International**, v. 152, 110868, 2022.

FEDDERN, V.. Proteínas vegetais aplicadas como ingredientes em produtos tipo carne: revisão e perspectivas. **Brazilian Journal of Food Technology** / 2024.

GFI BRAZIL — Estudo sobre proteínas vegetais nacionais com potencial para aplicação em produtos à base de plantas (relatório técnico, 2024).

GONÇALVES, A. M.; PEREIRA, E. A.; LIMA, F. S. Compostos bioativos e proteínas em resíduos agroindustriais: oportunidades para inovação alimentar. **Food Bioscience**, v. 47, p. 101692, 2022.

GONÇALVES, A. M.; PEREIRA, E. A.; LIMA, F. S. Recuperação de proteínas vegetais de resíduos de leguminosas e sua aplicação em alimentos funcionais. **Food Bioscience**, v. 47, 101692, 2022.

JAIN, I. et al. Fontes de proteínas emergentes e técnicas de extração inovadoras. **International Journal of Food Science & Technology** / revisão (2024).

KUMAR, M. et al. Valorização de resíduos agroalimentares para produção sustentável de proteínas e aplicações em alimentos funcionais. **Trends in Food Science & Technology**, v. 99, p. 413–429, 2020.

LIMA, J. R.; MENDES, M. S.; BARBOSA, F. F. Valorização de coprodutos agroindustriais: uma abordagem sustentável. **Ciência Rural**, v. 53, n. 2, e20210432, 2023.

MARTINS, C. A.; LIMA, G. F.; SILVA, P. R. Composição e potencial funcional de proteínas de grão-de-bico e ervilha provenientes de resíduos agroindustriais. **Food Hydrocolloids**, v. 129, 107693, 2022.

OLIVEIRA, D. L.; MARTINS, C. C.; SANTOS, R. V. C. Proteínas vegetais de resíduos agroindustriais: potencial e desafios para aplicação em alimentos. **Food and Bioproducts Processing**, v. 139, p. 97–108, 2023.

OLIVEIRA, R. M. S. F. de et al. Explorando subprodutos agroindustriais como fonte de ingredientes alimentares. IFT / 2025 (pré-impressão / revisão relevante encontrada — contém técnicas e referências úteis para extração).

RUIZ, N. et al. A Historical Look at the Soybean and Its Use for Animal Feed. 2020.

SILVA, T. R.; PEREIRA, A. L.; BARRETO, S. D. Economia circular e inovação sustentável no aproveitamento de resíduos agroindustriais. **Journal of Cleaner Production**, v. 280, p. 124–162, 2021.

SOUZA, E. S.; COSTA, A. M.; PEREIRA, L. A. Concentrados proteicos do farelo de arroz: composição, tecnologias de extração e aplicações alimentares. **Journal of Cereal Science**, v. 105, 103434, 2022

tandfonline.com

TANG, J. et al. Progresso recente em proteínas de origem vegetal: da extração à modificação funcional. **Frontiers in Nutrition** / revisão (2024).

TANG, J.; WU, Z.; ZHAO, J. Recuperação de proteínas de alto valor a partir da casca de banana usando fermentação e hidrólise enzimática. **Bioresource Technology Reports**, v. 25, 101456, 2024.

TOCMO, R. et al. Sementes de maracujá como fonte de proteínas e compostos bioativos: caracterização e aplicações. **Food Research International**, v. 137, 109734, 2020.

TORNUK, Fatih; AKMAN, Perihan Kubra. Recent developments in the valorization of agri-food waste and byproducts by fermentation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2025.

VELUSAMY, M.; et al. Valorização de resíduos usando PEF (pulsed electric fields) e aplicações. **International Journal of Food Science & Technology** (2023).

VILLARINO, C. B. J. et al. Plant and alternative proteins: Trends, challenges, and opportunities in food applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 21, n. 1, p. 391–421, 2022.

XIAO, X. et al. Atualizações sobre produtos proteicos à base de plantas como alternativa às proteínas animais. **Molecules** (2023).

YE, S.-J. et al. Modificação de proteínas vegetais como alternativas às proteínas animais. **Nutrients** (revisão, PMC) (2024).

ZHANG, B.; ZHOU, L.; WANG, X. Recovery of high-value proteins from food waste: Current status and future perspectives. **Bioresource Technology Reports**, v. 25, 101456, 2024

ZHANG, B.; ZHOU, L.; WANG, X. Recuperação de proteínas de alto valor a partir de resíduos alimentares: situação atual e perspectivas futuras. **Bioresource Technology Reports**, v. 25, 101456, 2024.