

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELE PAOLA DA SILVA FRANCISCO

**CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGENS ATIVAS BIODEGRADÁVEIS
FORMULADAS COM AMIDO DE MANDIOCA E CASCA DE CAFÉ**

CAMPO MOURÃO

2026

GABRIELE PAOLA DA SILVA FRANCISCO

**CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGENS ATIVAS BIODEGRADÁVEIS
FORMULADAS COM AMIDO DE MANDIOCA E CASCA DE CAFÉ**

**Characterization of Biodegradable Active Packaging Formulated with Cassava
Starch and Coffee Husk**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia de Alimentos, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador(a): Dra. Aline Takaoka Alves Baptista

Coorientador(a): Dra. Anielle de Oliveira

CAMPO MOURÃO

2026

GABRIELE PAOLA DA SILVA FRANCISCO

**CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGENS ATIVAS BIODEGRADÁVEIS
FORMULADAS COM AMIDO DE MANDIOCA E CASCA DE CAFÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia de Alimentos, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 03/julho/2026

Aline Takaoka Alves Baptista
Doutorado em Ciência de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Anielle de Oliveira
Doutorado em Ciência de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Angela Maria Gozzo
Doutorado em Engenharia de Processos e Propriedades Físico-químicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Vanessa de Carvalho Rodrigues
Doutorado em Ciência de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2026

RESUMO

FRANCISCO, Gabriele Paola da Silva. **Caracterização de embalagens ativas biodegradáveis formuladas com amido de mandioca e casca de café**. 2026. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2026.

A embalagem, além de atuar como barreira física na preservação dos alimentos, exerce importante papel na comunicação da marca e na captação dos consumidores. Nesse contexto, as embalagens ativas têm despertado crescente interesse por incorporarem compostos capazes de prolongar a vida útil dos alimentos, preservando suas características físico-químicas e sensoriais. Além do potencial tecnológico, quando produzidas a partir de materiais biodegradáveis, também representam uma alternativa sustentável, contribuindo para a redução da geração de resíduos sólidos. Este trabalho teve como objetivo desenvolver e caracterizar embalagens ativas biodegradáveis formuladas com amido de mandioca e extrato da casca de café. Foram avaliadas formulações com concentrações de 0,5% (F5) e 0,75% (F75) de extrato, além da embalagem controle (FC), formulada sem a adição da casca de café. Os filmes foram caracterizados quanto à cor, espessura, umidade, solubilidade em água, propriedades mecânicas e atividade antioxidante, por meio dos métodos de compostos fenólicos totais (TPC), DPPH, ABTS e FRAP. Também foram realizadas análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de raios X por dispersão de energia (EDS), termogravimetria (TGA), calorimetria exploratória diferencial (DSC) e espectroscopia UV-Vis. A análise de microscopia eletrônica de varredura evidenciou superfícies uniformes e com adequada distribuição do extrato na matriz dos filmes, resultado também confirmado pela composição elementar obtida por espectroscopia de raios X por dispersão de energia. Os ensaios térmicos de termogravimetria e calorimetria exploratória diferencial demonstraram aumento da estabilidade térmica dos materiais, com temperaturas de degradação acima de 300°C. Quanto às propriedades mecânicas, observou-se incremento expressivo na resistência à tração, de 10,31 MPa no filme controle (FC) para 66,06 MPa no filme F75. O alongamento na ruptura também apresentou aumento significativo nos filmes incorporados com extrato, evoluindo de 0,27% no controle, característica típica de um material mais rígido, para 2,67% no F5 e 3,28% no F75, indicando possível efeito plastificante promovido pelo extrato. Em relação às propriedades ópticas, o filme controle apresentou baixa absorção na região UV-Vis, enquanto os filmes adicionados de extrato exibiram aumento considerável da absorbância, favorecendo maior capacidade de barreira à radiação ultravioleta. Além disso, os filmes enriquecidos com extrato apresentaram relevante atividade antioxidante, destacando-se o tratamento F75, com resultados de 15,9% para DPPH, 44,3% para ABTS, 25,1 $\mu\text{mol Trolox/g}$ para FRAP e 53,7 mg GAE/g para compostos fenólicos totais. Os resultados obtidos sugerem que a incorporação de 0,75% de extrato de casca de café em filmes de amido de mandioca demonstrou ser uma estratégia eficaz para otimizar suas propriedades funcionais, mecânicas e de barreira. Tais resultados validam o potencial desses filmes como embalagens ativas sustentáveis, oferecendo uma alternativa promissora para o acondicionamento de alimentos sensíveis à oxidação lipídica e contribuindo diretamente para a valorização de resíduos agroindustriais. Mesmo apresentando resultados promissores, o campo de

aplicação para essas descobertas ainda é pouco difundido, o que abre precedentes para pesquisas futuras.

Palavras-chave: casca de café; antioxidante; biodegradável; filme.

(x) Não autorizo a disponibilização de endereço de correio eletrônico para contato.

() Autorizo a disponibilização do seguinte correio eletrônico para contato:

ABSTRACT

FRANCISCO, Gabriele Paola da Silva. **Caracterização de embalagens ativas biodegradáveis formuladas com amido de mandioca e casca de café**. 2026. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2026.

Packaging, besides acting as a physical barrier in food preservation, plays an important role in brand communication and consumer attraction. In this context, active packaging has aroused growing interest for incorporating compounds capable of extending food shelf life, preserving its physicochemical and sensory characteristics. Beyond the technological potential, when produced from biodegradable materials, they also represent a sustainable alternative, contributing to the reduction of solid waste generation. This study aimed to develop and characterize biodegradable active packaging formulated with cassava starch and malt bagasse extract. Formulations with extract concentrations of 0.5% (F5) and 0.75% (F75) were evaluated, in addition to the control packaging (FC), formulated without the addition of malt bagasse. The films were characterized regarding color, thickness, moisture, water solubility, mechanical properties, and antioxidant activity, using total phenolic compounds (TPC), DPPH, ABTS, and FRAP methods. Scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), thermogravimetric analysis (TGA), differential scanning calorimetry (DSC), and UV-Vis spectroscopy analyses were also performed. The scanning electron microscopy analysis showed uniform surfaces with adequate distribution of the extract in the film matrix, a result also confirmed by the elemental composition obtained through energy dispersive X-ray spectroscopy. The thermogravimetric and differential scanning calorimetry thermal assays demonstrated an increase in the thermal stability of the materials, with degradation temperatures above 300°C. Regarding mechanical properties, a significant increase in tensile strength was observed, from 10.31 MPa in the control film (FC) to 66.06 MPa in the F75 film. The elongation at break also showed a significant increase in the films incorporated with extract, evolving from 0.27% in the control, a typical characteristic of a more rigid material, to 2.67% in F5 and 3.28% in F75, indicating a possible plasticizing effect promoted by the extract. Regarding optical properties, the control film showed low absorption in the UV-Vis region, while the films added with extract exhibited a considerable increase in absorbance, favoring a greater barrier capacity against ultraviolet radiation. Furthermore, the films enriched with extract showed relevant antioxidant activity, with the F75 treatment standing out, yielding results of 15.9% for DPPH, 44.3% for ABTS, 25.1 $\mu\text{mol Trolox/g}$ for FRAP, and 53.7 mg GAE/g for total phenolic compounds. The obtained results suggest that the incorporation of 0.75% of malt bagasse extract into cassava starch films proved to be an effective strategy to optimize their functional, mechanical, and barrier properties. Such results validate the potential of these films as sustainable active packaging, offering a promising alternative for packaging foods sensitive to lipid oxidation and directly contributing to the valorization of agro-industrial residues. Even with promising results, the field of application for these discoveries is still not widely disseminated, setting a precedent for future research.

Keywords: coffee husk; antioxidant; biodegradable; film.