

Colégio Montesso

R. Catulo da Paixão Cearense, 97 - Vila Jardini, Sorocaba - SP, 18044-160

Relatório final

Do Leite ao Plástico: Inovação Sustentável com Caseína.

Alunos: Murilo Beu Soares e Gabriel Yudi Hotoshi Delphino

Orientador: Giovanni Miraveti Carriello

12/02 – 16/09 (início e fim)

Sorocaba-SP

Resumo

Este projeto propõe a produção de um bioplástico a partir da caseína, proteína extraída do leite por meio da acidificação com vinagre. O trabalho justifica-se pela crescente preocupação com o descarte inadequado de plásticos derivados do petróleo, que causam sérios danos ambientais, aglomerando-se em aterros e ecossistemas naturais. Nesse contexto, a procura por alternativas biodegradáveis e sustentáveis torna-se fundamental. Após a extração da caseína, esta foi misturada com amido de milho e glicerina, originando um material moldável e biodegradável. O objetivo do estudo é desenvolver uma alternativa viável ao plástico convencional, utilizando matérias-primas acessíveis, de baixo impacto ambiental e com potencial de aplicação em pequenas embalagens e utensílios descartáveis. Foram contempladas as etapas de extração da caseína, formulação do bioplástico e avaliação de suas propriedades físicas. A proposta visa contribuir com soluções ecologicamente corretas e alinhadas à química verde, com relevância local (Sorocaba), regional (São Paulo) e em perspectiva nacional.

Palavras-chave: Bioplástico, Sustentável, Leite

1. Introdução

O Brasil é atualmente o 4º maior produtor mundial de lixo plástico, reciclando apenas 1,2% de todo o material gerado (WWF Brasil, 2019; CEMPRE, 2023; Coelho, 2021). Essa situação é refletida em estados como São Paulo e em municípios como Sorocaba, onde o gerenciamento de resíduos sólidos enfrenta grandes desafios. O descarte inadequado de plásticos compromete a qualidade do solo, da água e do ar, uma vez que tais materiais podem levar séculos para se decompor, favorecendo inclusive a formação de microplásticos (ABRELPE, 2022).

Diante desse cenário, os bioplásticos apresentam-se como uma alternativa sustentável, por serem biodegradáveis e provenientes de fontes renováveis, como amido, celulose e proteínas (Ellen MacArthur Foundation, 2025; Pereira, 2024). Entre as possibilidades está o bioplástico à base de caseína, proteína encontrada no leite. Historicamente, este material foi utilizado na produção da galalite no início do século XX (Fernandes et al., 2025). Atualmente, pesquisas apontam que a caseína pode originar filmes plásticos biodegradáveis com resistência e flexibilidade, favorecendo usos em embalagens e utensílios (Luchese, 2018).

A caseína, principal proteína do leite de vaca, representa cerca de 80% da fração proteica, encontrando-se sob a forma de micelas em suspensão aquosa. Quando o pH do leite é reduzido, por exemplo, com a adição de ácido acético presente no vinagre, ocorre a precipitação da proteína, que pode ser separada do soro e moldada em materiais sólidos (Goff; Hill; Ferrer, 1996; Brito et al., 2021). Além dos benefícios ambientais, a produção desse bioplástico agrega valor socioeconômico ao aproveitar subprodutos da indústria de laticínios, como o soro, promovendo práticas alinhadas à economia circular.

2. Objetivos e relevância

O presente trabalho tem como objetivo principal desenvolver um bioplástico a partir da caseína do leite, avaliando suas propriedades físicas e químicas de modo a verificar seu potencial como alternativa sustentável ao plástico convencional. Especificamente, busca-se:

1. Realizar a extração da caseína por meio da acidificação do leite integral com ácido acético presente no vinagre;
2. Produzir o bioplástico a partir da caseína combinada com amido de milho e glicerina, avaliando a consistência, flexibilidade e resistência;
3. Investigar a viabilidade de aplicação do material em usos simples

A relevância deste estudo está fundamentada na crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes do uso de plásticos derivados do petróleo, que representam um dos principais resíduos sólidos urbanos no Brasil, em especial no estado de São Paulo e na cidade de Sorocaba. O desenvolvimento de bioplásticos a partir de fontes renováveis, como a caseína do leite, apresenta-se como uma alternativa inovadora e sustentável, capaz de reduzir a poluição ambiental e contribuir para práticas alinhadas à economia circular e à química verde. Além disso, a proposta possibilita a conscientização da comunidade acadêmica e da sociedade sobre a importância da reciclagem e da busca por materiais biodegradáveis, com potencial de aplicação em nível local, estadual e nacional.

3. Desenvolvimento do Projeto

Materiais utilizados:

- Leite integral (Colaso)
- Vinagre de álcool (Castelo)
- Amido de milho (Maizena)
- Glicerina pura (Farmax)
- Papel toalha
- Béqueres e bastão de vidro

Coagulação da caseína

O leite integral em temperatura ambiente foi colocado em um béquer. Em seguida, o vinagre foi adicionado 100 mL para cada 200 mL de leite gradualmente sob agitação constante até ocorrer a formação de coágulos brancos.

Separação do coágulo

A mistura foi filtrada em papel comum, separando o coágulo (caseína) do soro.

Preparo da massa plástica

O coágulo obtido foi transferido para um recipiente limpo, sendo adicionado amido de milho para conferir firmeza e glicerina, garantindo flexibilidade. A mistura foi misturada manualmente até formar uma massa uniforme e moldável.

Moldagem

A massa foi moldada manualmente em pequenos cubos, visando facilitar a comparação entre amostras.

Secagem

As amostras foram deixadas em secagem natural durante 7 dias, até completa cura

Análises preliminares

Após a cura, foram realizadas análises de textura via microscopia óptica, análise de dureza de Shore 00. Além da medição de seu volume e testes de biodegradação

3.1. Teste de biodegradação

Para avaliar a biodegradabilidade do bioplástico produzido, amostras foram submetidas a ensaios em solo úmido durante um período de uma semana. Observou-se uma redução significativa tanto no volume quanto na massa do material. Uma das amostras, que inicialmente apresentava um volume de aproximadamente 1,5 m³, passou para cerca de 1,1 m³ ao final do ensaio. Da mesma forma, sua massa, que era de 1312 g, reduziu-se para 713 g diminuindo cerca de 45%.

Esses resultados evidenciam que o bioplástico à base de caseína apresenta alta capacidade de degradação em ambiente natural. A perda de massa e volume indica que o material é gradualmente consumido pela ação de microrganismos presentes no solo, confirmando seu potencial como alternativa sustentável aos plásticos convencionais (Figura 1).

Figura 1 – Exemplo de amostra após o teste de biodegradação. (a) Amostra antes do teste. (b) amostra após o teste.



Fonte: autores (2025).

4. Resultados

Os resultados obtidos demonstraram que o bioplástico produzido (Figura 2) apresentou desempenho satisfatório. Nos testes de resistência mecânica com o durômetro de Shore, o material mostrou-se moldável, indicando que a combinação da caseína com amido de milho e glicerina foi eficiente na formação de um material coeso. Além disso, os ensaios de degradação evidenciaram que o bioplástico é suscetível à significativa decomposição em ambiente natural, confirmando seu caráter biodegradável e sua viabilidade como alternativa sustentável ao plástico convencional. Esses resultados reforçam o potencial do material não apenas para aplicações práticas em embalagens e utensílios de baixa demanda estrutural, mas também como exemplo de inovação alinhada à química verde e à redução dos impactos ambientais.

Figura 2– Amostras Adquiridas



Fonte: autores (2025)

5. Conclusões

Os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados, uma vez que foi possível desenvolver um bioplástico a partir da caseína do leite e avaliar suas propriedades físicas. A hipótese inicial de que a caseína poderia originar um material resistente e biodegradável, podendo se apresentar como alternativa ao plástico

convencional foi confirmada pelos resultados adquiridos, já que os testes demonstraram sucesso tanto em termos de resistência quanto de degradação natural.

Ainda assim, é reconhecível a necessidade de ampliar os estudos, principalmente por meio de ensaios padronizados, como o teste de Shore, análises de tempo de decomposição controlada e comparações de desempenho com outros biopolímeros. Como próximos passos, pretende-se aprofundar os testes de resistência, avaliar a durabilidade em diferentes ambientes e explorar possíveis aplicações práticas, como embalagens ou utensílios de baixo impacto ambiental. Dessa forma, a pesquisa não apenas comprova sua viabilidade, mas também abre caminho para avanços futuros que podem consolidar o bioplástico de caseína como uma solução sustentável em escala maior.

6. Referências Bibliográficas

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, Brasil: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2022.

BRITO, M. A. et al. Composição. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/composicao> . Acesso em: 17 jun. 2025.

CEMPRE. Taxas de reciclagem – CEMPRE. CEMPRE: Compromisso Empresarial para Reciclagem, 2023. Disponível em:<<https://cempre.org.br/taxas-de-reciclagem/>> . Acesso em: 17 jun. 2025

COELHO, T. Brasil é o 4o maior produtor de lixo plástico do mundo e recicla apenas 1%. Disponível em: <<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-lixo-plastico-do-mundo-e-recicla-apenas-1>>. Acesso em: 17 jun. 2025

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Plásticos e a economia circular. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/plastico/visao-geral>>. Acesso em: 17 jun. 2025

FERNANDES, S. G. et al. Uso de práticas pedagógicas para o ensino de biotecnologia no Ensino Médio. Aracê, v. 7, n. 5, p. 23288–23307, 1 maio 2025.

GOFF, H. D.; HILL, A.; FERRER, M. A. Milk Proteins- Caseins; Casein Micelles; Whey Proteins; Enzymes. Em: Dairy Science and Technology Ebook. 1. ed. Guelph, Canadá.: University of Guelph, 1996. p. np. (online).

LUCHESE, C. L. Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de amido contendo subprodutos provenientes do processamento de alimentos. Tese (Doutorado em Engenharia Química)—Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil: [s.n.].

PEREIRA, V. A. A. A convergência entre embalagens e saúde. *Lumen et Virtus*, v. 14, n. 32, 2024.

WWF BRASIL. Brasil é o 4o país do mundo que mais gera lixo plástico. *Fundo Mundial para a Natureza*, p. np, 2019.

APÊNDICE

Apêndice 1: Amostra sendo submetida ao teste no durômetro de Shore A na escala 0.0.



Fonte: autores

Apêndice 2: Amostras prestes a serem enterradas para a execução do teste de degradação.



Fonte: autores