

ESTUDO, DESENVOLVIMENTO E SÍNTESE DE BIOPLÁSTICOS NO CONTEXTO DE QUÍMICA VERDE

STUDY, DEVELOPMENT AND SYNTHESIS OF BIOPLASTICS IN THE CONTEXT OF GREEN CHEMISTRY

Luiza Miranda Pernambuco, Professora de Química, CESO, Unifeso, luizamiranda2@gmail.com,

Roberto Xavier de Almeida, Doutor em Ciências, Professor de Química, CESO, Unifeso, robertoalmeida@ceso.edu.br, Lucas Resende Andrade Cunha, Técnico de Laboratório, Unifeso, lucascunhas@unifeso.edu.br,

Sara Cristini Brauns de Aguiar, Estudante do Ensino Médio, CESO, saracristinibraunsdeaguiar@gmail.com,

Ana Letícia de Faria Pereira, Estudante do Ensino Médio, CESO, analeticiafpereira@gmail.com,

Bruna Moraes dos Santos, Estudante do Ensino Médio CESO, MoraesBruna875@gmail.com.

RESUMO

Os plásticos são materiais sintéticos ou semissintéticos feitos de polímeros, conhecidas por suas moléculas grandes e complexas. Estão presentes no nosso cotidiano e são utilizados em uma enorme variedade de produtos e embalagens. Além disso, podemos encontrar os plásticos em indústrias automobilísticas, têxteis e eletrônicos. Uma característica importante quando aprofundamos sobre os polímeros é a plasticidade, sua capacidade de moldar e de se transformar em diferentes produtos. Grande parte dos plásticos são provenientes do petróleo, uma fonte não renovável e com lenta degradação no meio ambiente. Estes são pontos importantes quando se analisa junto a poluição e impactos ambientais associados. Diante deste cenário, os bioplásticos surgem como uma alternativa para solucionar problemas ambientais causados pelos plásticos. Diferentes dos plásticos convencionais, os bioplásticos são distintos desde sua origem, seu potencial em reduzir os impactos ambientais causados e a utilização de combustíveis fósseis. A produção de bioplásticos é um importante passo para a evolução da química verde, desenvolvendo uma produção mais limpa e sustentável, além de uma conscientização maior para a sociedade. Neste trabalho foi possível obter bioplásticos de diferentes fontes, comprovando seu desenvolvimento a partir de fontes renováveis, com diferentes metodologias, resultando em uma produção mais consciente e sustentável.

Palavras-chave: Plásticos; bioplásticos; produção sustentável.

ABSTRACT

Plastics are synthetic or semi-synthetic materials made of polymers, known for their large and complex molecules. They are present in our daily lives and are used in a huge variety of products and packaging. Furthermore, we can find plastics in the automotive, textile, and electronics industries. An important characteristic when delving into polymers is plasticity, their ability to mold and transform into different products. A large portion of plastics comes from petroleum, a non-renewable resource with slow degradation in the environment. These are important points when considering

pollution and associated environmental impacts. In this context, bioplastics emerge as an alternative to solve environmental problems caused by plastics. Unlike conventional plastics, bioplastics are distinct from their origin, their potential to reduce environmental impacts, and the use of fossil fuels. The production of bioplastics is an important step in the evolution of green chemistry, developing cleaner and more sustainable production, as well as greater awareness in society. This work made it possible to obtain bioplastics from different sources, proving their development from renewable sources, using different methodologies, resulting in a more conscious and sustainable production.

Keywords: Plastics, bioplastics, sustainable production.

1. INTRODUÇÃO

Materiais poliméricos sintéticos baseados em carbonos, ou simplesmente plásticos, como são popularmente denominados, são compostos geralmente derivados do petróleo, cuja obtenção e comercialização têm se mostrado relevante, principalmente no último século.

Mais recentemente, uma temática que vem ganhando fôlego neste sentido é a invenção de novos materiais plásticos mais amigáveis ambientalmente (*eco-friendly*) que de modo geral tendem a ser denominados como bioplásticos.

Esta demanda se faz necessária uma vez que os plásticos estão presentes nos mais diversos setores produtivos, como indústria têxtil, alimentícia e automobilística (*e. g.*), mostrando que estes materiais são indispensáveis nos modos atuais de produção e consumo. Porém, os plásticos de modo geral são produtos de longa durabilidade e difícil decomposição na natureza, e o enorme volume de plástico produzido e eliminado anualmente faz com que este produto se torne um grande problema ambiental que vai se acumulando em diversos compartimentos terrestres e passa a ser contaminante para diversos ecossistemas, sendo frequentemente ingeridos por seres vivos, bioacumulando-se e até gerando processos de biomagnificação, geralmente na forma de microplásticos (fragmentos com diâmetros abaixo de 5 mm), sendo que suas consequências para a saúde ainda não são claras, embora a sua não digestão promova o entupimento do tubo gastrointestinal de animais, causando óbitos.

Em uma análise mais profunda, o fato de plásticos serem derivados de petróleo, faz com que desdobramentos ambientais como a liberação de carbono na atmosfera e os efeitos paralelos da exploração deste recurso mineral finito sejam relacionados ao setor produtivo de plásticos. Deste modo, a invenção de fontes alternativas, como biomassa, e a obtenção de materiais biodegradáveis com a parametrização de metodologias sintéticas para tal se mostram iminentemente relevantes.

O Brasil se apresenta como o 4º maior produtor de lixo plástico, eliminando mais de onze milhões de toneladas de resíduos e reciclando menos de 1,5% deste total. Embora a implementação de uma indústria de reciclagem possa ser custosa e os métodos de reciclagem não sejam, em princípio, vantajosos em termos econômicos, a natureza vem sentindo os impactos negativos da quantidade de resíduos gerados e que estão estritamente associadas com diversos problemas socioambientais atuais, e como alternativa ao impasse, a obtenção de materiais plásticos de fontes renováveis e com aspectos finais de decomposição natural após sua eliminação se mostra proeminente.

Também o Brasil, um dos maiores produtores agrícolas do mundo e que coloca entre as maiores economias do mundo, 11ª maior atualmente com base do PIB, acaba gerando um grande volume de biomassa que pode vir a ser explorada no âmbito dos bioplásticos. Bagaços de forma geral podem ser tratados para o recolhimento da celulose e outros compostos relevantes como hemicelulose e lignina que podem ser beneficiados para a geração de plásticos com potencial biodegradação.

Neste sentido, é relevante destacar que plásticos obtidos a partir de fontes renováveis serão denominados como bioplásticos, mas isso não lhes confere necessariamente o potencial de serem

decompostos, pois plásticos convencionais e resistentes em termos de degradação natural podem ser obtidos a partir de biomassa, entretanto, outros plásticos que podem ser decompostos e utilizados como alimento por fungos e bactérias decompositores serão ditos bioplásticos biodegradáveis.

Em termos sintéticos, reações de polimerização podem ser genericamente classificadas em dois subtipos: adição e condensação. As polimerizações de adição frequentemente exploram reagentes que contenham ligações químicas π , ou seja, moléculas com insaturações que serão reagidas quebrando estas ditas ligações fracas e formando novas ligações fortes do tipo sigma. Assim são formados polietileno (PE), polipropileno (PP) e poliestireno (PS). Diferentemente, a reação de polimerização de condensação ocorre pela eliminação de pequenas moléculas, como água e amônia, estabelecendo novas funções químicas como éter, éster e amida. O polietilenoglicol (PEG) é um exemplo emblemático, além de poliésteres, como o PET, e poliamidas, como o NYLON.

No caso da obtenção de bioplástico, especialmente o interesse para aqueles biodegradáveis, substitui o petróleo como matéria prima e explora alternativas como bagaços diversos de plantas, cascas de batata, mandioca e banana, além de aplicarem insumos mais específicos e até purificados como colágeno de fontes animais, alginato um rico extrato proteico de algas, e eventualmente reagentes químicos, sendo os mais frequentes tipos de PEG, glicerina e ácido acético.

O estabelecimento de métodos de obtenção de bioplásticos, e a obtenção de variedades deste produto, especialmente com caráter biodegradável, se mostram mais que uma oportunidade de pesquisa, mas uma necessidade atual para substituir os tipos clássicos de plástico derivados do petróleo, visando o constante crescimento econômico, com redirecionamento de matriz material e com ênfase em aspectos de sustentabilidade, com aspectos de Química Verde e economia atômica.

2. JUSTIFICATIVA

Os plásticos são materiais indispensáveis para o modo de produção e consumo nos moldes da sociedade atual, mas o excesso de material descartado inadequadamente após o uso vem causando muitos prejuízos ambientais com diversos desdobramentos, sejam ambientais, sanitários, climáticos e até econômicos.

Sem uma perspectiva próxima em elevar os níveis de reciclagem, mas com a crescente demanda da utilização do material, o desenvolvimento e aplicação de bioplásticos biodegradáveis se mostra uma excelente oportunidade para o setor produtivo. Ainda mais, mostra-se como uma necessidade que possa considerar a aplicação de matéria-prima e reagentes renováveis e que gerem pouco, ou até nenhum impacto ambiental.

Assim, os diversos segmentos produtivos não sofreriam pela troca dos materiais aplicados, e ainda elevariam sua responsabilidade ambiental no que diz respeito às demandas socioeconômicas atuais que buscam alternativas sustentáveis e que frequentemente desdobram na valorização das marcas que adotam estas diretrizes.

A obtenção de bioplásticos biodegradáveis se mostra necessária, atual e iminente.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Obter diferentes tipos de bioplásticos biodegradáveis procurando estabelecer metodologias eficientes e replicáveis.

3.2 Objetivos específicos

- Consultar referências para eleger métodos de síntese de bioplásticos estabelecidas.
- Aplicar ajustes e otimizações aos métodos de síntese verificados.
- Utilizar diferentes fontes de amido (polissacarídeos) e combinar com cascas de vegetais.
- Variar as cascas de vegetais utilizados e modificar suas quantidades aplicadas.
- Otimizar técnicas de processamento dos materiais utilizados na produção de bioplásticos.
- Aplicar os bioplásticos obtidos para utilidades objetivas: sua aplicação como embalagens.
- Verificar a biodegradabilidade dos bioplásticos sintetizados.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A obtenção de bioplásticos é conhecida há tanto tempo quanto os plásticos convencionais, mas a expansão dos interesses comerciais relativos ao petróleo fortaleceu esta via em detrimento da outra. Ainda assim, não é recente a preocupação com a eliminação de materiais plásticos na natureza.

Em termos de produção bioplásticos são exploradas diversas fontes de biomassa, podendo ser utilizados diferentes método de síntese, que podem englobar processos químicos e bioquímicos. O processamento destes materiais pode se dar de forma similar à dos plásticos convencionais, como extrusão, termoconformação e *casting*, ou podem explorar métodos mais especificamente adequados, como extrações químicas, como extração alcalina de celulose, ou processos fermentativos, com fungos, bactérias ou SCOBY (ing.: *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*).

Entre os principais tipos de bioplástico podem ser citados o bio-PET e o bio-PE, que são obtidos a partir de fontes renováveis, embora não sejam biodegradáveis, além de outros com maiores aspectos de biodegradabilidade, como o ácido polilático (PLA), poli-hidroxialcanoatos (PHA) e os derivados de amido-termoplásticos (TPS).

Ainda hoje são encontrados desafios de custo, escala e desempenho em termos da obtenção e aplicação de bioplásticos em larga escala, mas restam as perspectivas em serem investigados métodos e materiais inovadores, o que vem a demandar investimentos do próprio setor produtivo, e inclui desde a geração dos reagentes/matéria-prima até os aspectos de biodegradação ou, sendo necessário, compostagens químicas industriais.

5. METODOLOGIA

Pode haver variações de método a depender do tipo de bioplástico que se pretende obter. Neste trabalho apresentado serão explorados principalmente métodos de polimerização de condensação com diferentes fontes de amido como fonte polissacarídica e cascas vegetais para a presença de celulose, hemicelulose e lignina, que poderão variar em quantidades relativas, resultando em bioplásticos variados, com maiores ou menores flexibilidade, rigidez, resistência, elasticidade e biodegradabilidade.

Deste modo, a fonte de amido deve ser triturada em presença de água suficiente para cobrir a biomassa utilizada que deve conter também de 10% a 20% equivalente em peso de uma casca vegetal eleita, de batata, batata-doce, mandioca, banana. Em seguida o material suspenso deve ser concentrado, ou seja, removido do excesso de água, podendo ser sequencialmente aplicado, ou levado à estufa em temperatura branda para secagem e obtenção de um pó a ser futuramente aplicado.

A mistura contendo fonte de amido, celulose, hemicelulose, pectina e lignina deve ser acrescentada de glicerol e ácido acético e mantida sob agitação mecânica com aquecimento brando, até a obtenção de um “mingau” com aspecto uniforme que deve ser levada à uma fôrma desejada.

Após ser enformado o material deve ser naturalmente seco por ventilação, de 24h a 72h, para que seja removido do suporte e aplicado para a finalidade desejada.

Outra abordagem metodológica seria a aplicação de materiais gelificantes como gelatina de fonte animal, rica em colágeno, ou agar-agar que são facilmente encontradas comercialmente. Neste caso, a natureza polimerizante é baseada na hidratação, aquecimento (cozimento) e secagem do material, frequentemente sob baixas temperaturas, por pelo menos 4h podendo se aplicar ventilação.

Todos os procedimentos foram realizados em vidrarias e equipamentos convencionais de um laboratório de química: placa de aquecimento, vidro de relógio, placas de Petri, béqueres, erlenmeyers e bastão de vidro, além de outros materiais domésticos, como frigideira, liquidificador e Perfex®.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico visando eleger métodos mais frequentes e bem estabelecidos. Porém, as diferentes referências consultadas apresentavam variações de metodologia, inclusive com falta de detalhes quanto às quantidades e procedimentos. Então, tendo como inspiração parâmetros mais proximamente identificados, foram realizados os procedimentos a seguir detalhados.

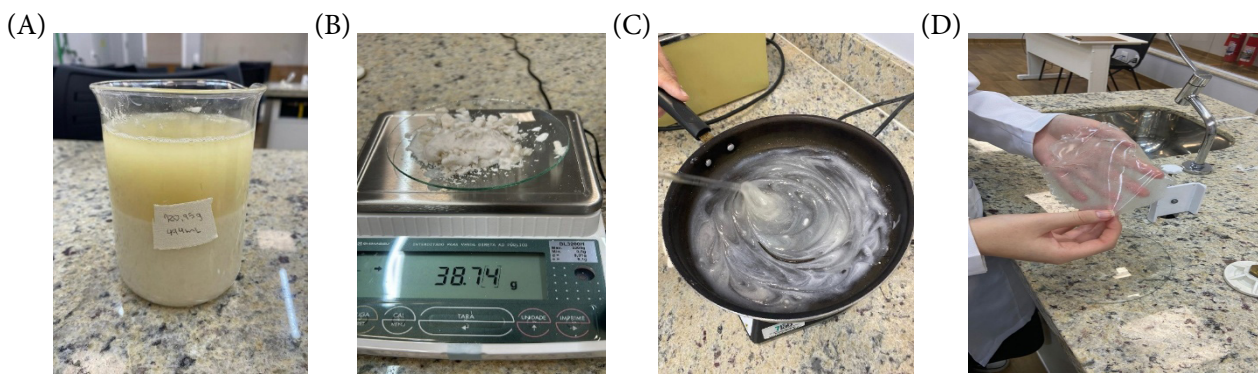
Dois talos de mandioca, com cerca de 10 cm cada um, foram descascados e pesados (cerca de 80 g), sendo incrementados com 10% em massa de cascas de batata inglesa (cerca de 8 g), foram adicionados em um liquidificador com água suficiente para cobrir o conteúdo. O material foi triturado, sendo batido por 5 minutos em velocidade média.

Em seguida o particulado foi coletado de diversas formas: decantação em ambiente refrigerado por pelo menos 2h se mostrou eficiente, recuperando cerca 90% da massa, mas com alto grau de hidratação sendo relativamente demorado. A tamisação depende de um tamis (peneira) em granulometria adequada e não foi uma opção disponível. A centrifugação não se mostrou eficiente. Foi estabelecida uma peneiração utilizando-se Perfex® sobre peneira e béquer, com um rendimento em cerca de 45% de um sólido minimamente úmido que foi submetido à etapa subsequente.

Então, 25 g do sólido recolhido foi misturado à 100 mL de uma solução de água, glicerol e ácido acético (8:1:1) dentro de uma frigideira sobre placa de aquecimento e mantido sob agitação com bastão de vidro até alcançar um aspecto gelatinoso. Rapidamente o gel formado foi depositado sobre a região convexa de vidros de relógio de diversos diâmetro até a utilização total do material.

Após 48h de secagem natural sobre a bancada foi obtida uma película conforme a **figura 1**.

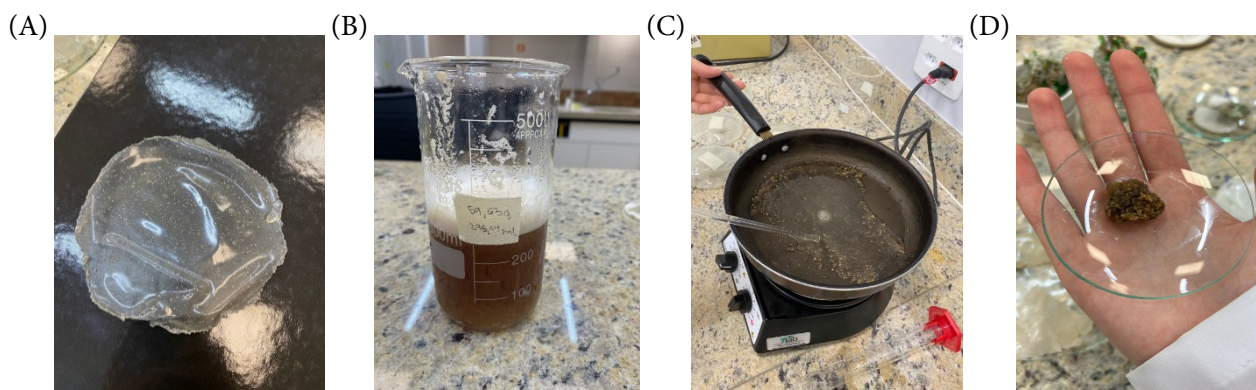
Figura 1. (A) Material sob decantação; (B) material sólido após peneiração em Perfex®. (C) Mistura reacional realizada em frigideira sobre placa de aquecimento; (D) Película de bioplástico obtida.



Fonte: Autoria própria.

O protocolo foi tentado sem adição de cascas de batata, mas não se mostrou eficiente, gerando um produto extremamente frágil. Depois foi tentada uma modificação usando apenas a casca de batata, sem a mandioca e gerou uma goma, também não funcionando conforme indica a **figura 3**.

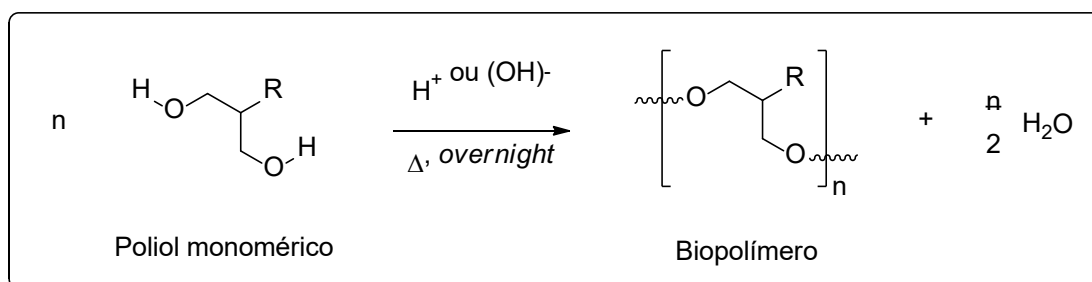
Figura 3. Tentativas alternativas: (A) Bioplástico de mandioca sem casca de batata; (B) Decantação do método sem mandioca; (C) Mistura reacional sobre casca de batata sem mandioca; (D) Goma resultante.



Fonte: Autoria própria.

A conclusão é que há faixas ou proporções adequadas entre sacarídeos (amido, celulose, hemicelulose e pectinas) em relação a ligninas (polióis e poliéteres aromáticos) que funcionam como um “cimento biológico”, provavelmente condensados com as hidroxilas glicerídicas sob catálise ácida e aquecimento, conforme ilustra a **figura 3**.

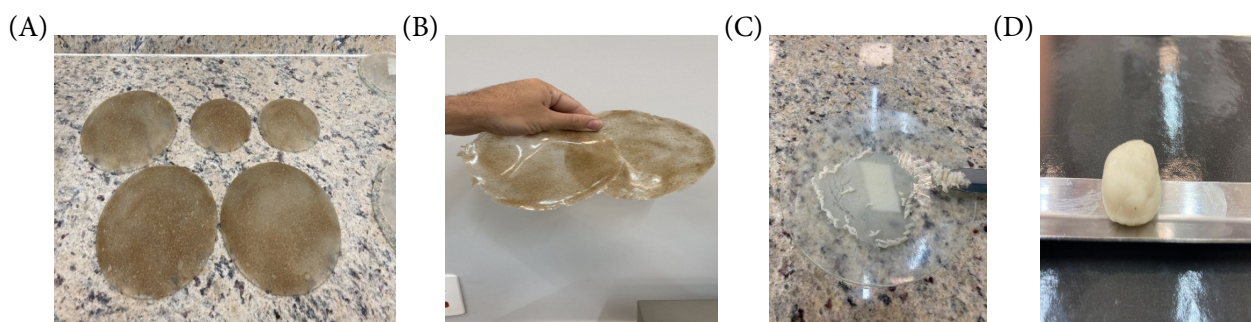
Figura 3. Esquema da polimerização de condensação entre polióis biomoleculares e glicerol que formam o bioplástico.



Fonte: Autoria própria.

Duas outras variações realizadas foram a substituição das cascas de batatas por bagaço de cevada de processos cervejeiros, sendo adicionados a 20% equivalente em massa, e uma segunda foi a adição de 4 mL de peróxido de hidrogênio 10 volumes à mistura reacional visando um clareamento do material gerado. O resultado foi que o bioplástico contendo bagaço de cevada se mostrou significativamente mais firme e menos flexível, embora o lado que teve contato com o vidro de relógio durante a secagem tenha ficado liso e o lado oposto, áspero. A respeito da tentativa com H₂O₂ não houve formação de uma película contínua, em vez disso foi observado um material macio e descontínuo que gerou uma goma muito mole e esbranquiçada, conforme indica a **figura 4**.

Figura 4. Bioplásticos de mandioca e bagaço de cevada: (A) Sobre vidro de relógio; (B) Após remoção dos vidros. Tentativa com peróxido de hidrogênio (H_2O_2): (C) Sobre vidro de relógio; (D) Após remoção do vidro.

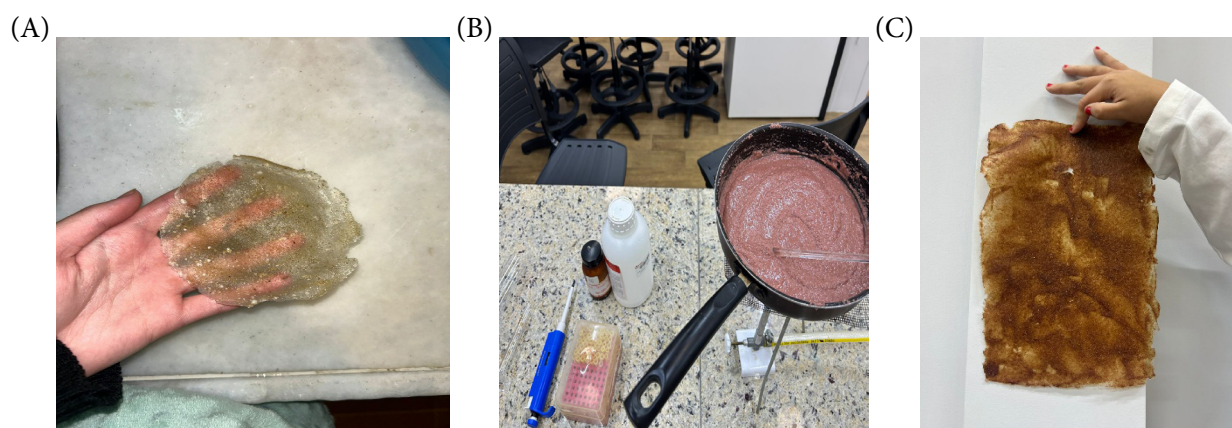


Fonte: Autoria própria.

Três outras abordagens exploradas sobre essa metodologia geral foram: (i) a substituição da mandioca por arroz diante da metodologia inicial, (ii) a utilização de cascas de batata doce com mandioca, e depois (iii) o aumento da escala da produção com 10% de cascas de batata e 10% de beterraba como fonte de fibras e coloração do produto bioplástico final.

O arroz funcionou, embora tenha apresentado uma superfície mais irregular. A casca de batata doce funcionou muito bem, resultando num material muito liso com pequenos pontinhos cor de rosa. E a beterraba coloriu o material durante a produção, mas houve perda da coloração arroxeada terminando com um aspecto amarronzado após a secagem, como indica a **figura 5**.

Figura 5. Variações da metodologia de obtenção: (A) Variação da metodologia com arroz; (B) Fabricação do bioplástico com beterraba; (C) Aspecto final do bioplástico de beterraba após 48h.



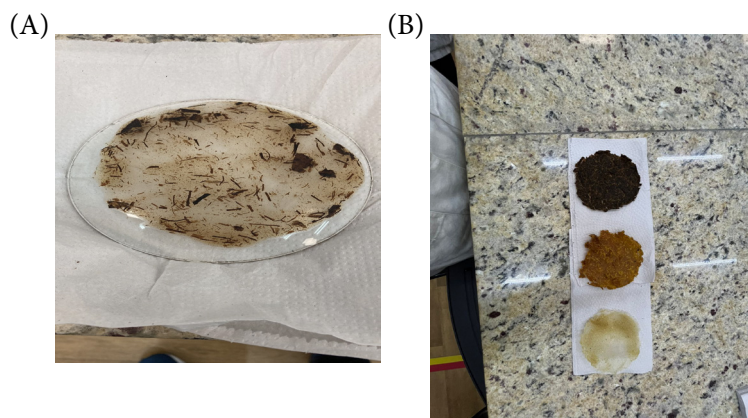
Fonte: Autoria própria.

Uma modificação mais significativa foi tentada para aplicação de cascas de banana. O novo protocolo consultado propunha um cozimento das cascas (cerca de 3 gramas), submersas em água, por 20 min à 90°C. Após o material foi triturado em almofariz. Depois 2,5 g da pasta gerada foram misturados com 10 ml de água, 0,5 g de amido de milho, 1 mL de glicerina, e 1,5 mL de HCl a 0,1 mol/L. O material foi aquecido sob constante agitação até a obtenção de um material viscoso que foi neutralizado com 1,5 mL de NaOH a 0,1 mol/L. Houve diminuição da viscosidade e o material foi depositado sobre vidro de relógio e levado à estufa para secagem a 140°C por 40 minutos.

Esta metodologia gerou uma película muito frágil não sendo satisfatória. Como ajuste, a neutralização final com NaOH foi evitada em duas reproduções: uma delas usando cascas de banana mais

maduras e outra de bananas que começaram a amadurecer. O aspecto físico não pareceu adequado para ser distribuído sobre o vidro de relógio e foi depositado dentro de placas de Petri. O material ficou demasiadamente úmido e foi levado à estufa a 80°C por 12h, resultando em bioplásticos com cores distintas, mas relativamente frágeis embora borrachosos conforme indica a **figura 6**.

Figura 6. Bioplásticos de banana: (A) Primeira tentativa após neutralização; (B) Novas tentativas sem neutralização, com bananas muito maduras à esquerda e bananas pouco maduras, à direita.



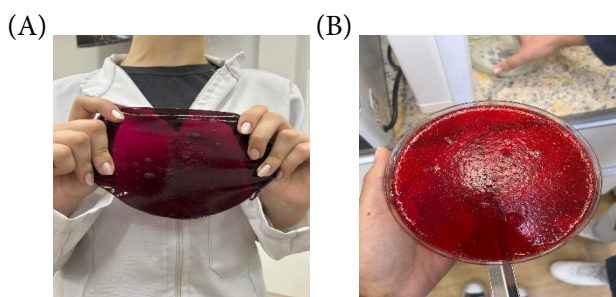
Fonte: Autoria própria.

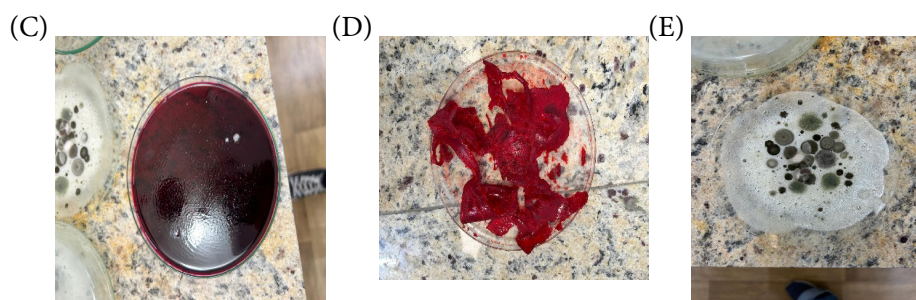
A respeito da metodologia com bananas, é possível que uma secagem mais branda possa favorecer a obtenção de materiais menos quebradiços. Outra variação identificada na literatura seria a inserção de pó de casca de ovo que poderia elevar os níveis de cálcio (Ca^{2+}) elevando a composição iônica da mistura e proporcionando maior coesão molecular.

Uma última metodologia significativamente distinta foi a obtenção de bioplásticos com gelatinas comerciais, com ou sem sabor e coloridos artificialmente. Neste caso, foram adicionados 10 gramas da gelatina escolhida, com 50 mL de água e 5 mL de glicerina. O material é misturado sob constante agitação até aproximadamente a fervura. É formada uma mistura altamente líquida sendo necessário colocar-se em fôrmas suficientemente fundas para gelificação, que pode ocorrer à temperatura ambiente ou sob refrigeração.

A **figura 7** indica os resultados obtidos, desde a boa plasticidade do material recém preparado até suas degradações após duas semanas da fabricação, apresentando um aspecto ressecado, além de possuírem pontos com crescimento de um microrganismo decompositor, provavelmente um fungo.

Figura 7. (I) Bioplásticos de gelatina recém preparados: (A) Com gelatina comercial “sabor uva”; (B) Com gelatina comercial “sabor morango”. (II) Bioplásticos após duas semanas (C) Bioplástico de gelatina “sabor uva” com fungo; (D) Bioplástico de gelatina “sabor morango” ressecado e com fungo ao tentar remoção da placa de Petri; (E) Bioplástico de gelatina sem sabor com fungo.





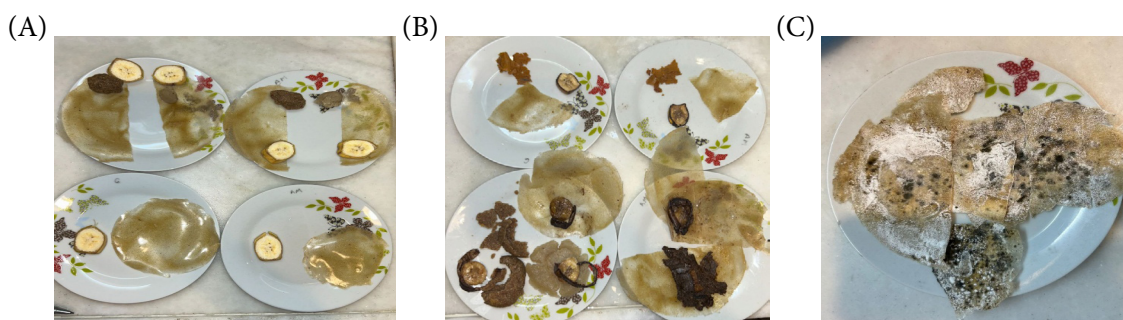
Fonte: Autoria própria.

Como etapa final foi verificada a aplicação do bioplástico de mandioca com cevada como uma embalagem rústica para preservação de alimentos. O método aplicado consistiu na colocação de uma rodela de banana sobre um pires. Isso foi repetido totalizando quatro amostras, sendo que duas foram cobertas pelo filme de bioplástico. Uma amostra coberta por bioplástico e outra descoberta foi mantida fora da geladeira. Outras duas semelhantemente foram mantidas dentro da geladeira ($\sim 5^{\circ}\text{C}$).

As amostras foram inicialmente observadas por 24h, 48h e 72h sendo verificada sempre alguma vantagem na preservação do alimento coberto por bioplástico, em termos da oxidação (escurecimento) da banana avaliada. As amostras em geladeira apresentaram certo aspecto de ressecamento e escureceram mais rapidamente que as outras em temperatura ambiente.

Todas as amostras foram mantidas por uma semana sob observação, sendo verificado que todos as amostras (bananas e bioplásticos) apresentaram fungos indicando biodegradação. A figura 8 ilustra o experimento descrito.

Figura 8. Teste do bioplástico como embalagem biodegradável: (A) Aspecto antes do experimento; (B) Aspecto após 72h em geladeira; (C) Aspecto após uma semana com biodegradação do bioplástico.



Fonte: Autoria própria.

Com isso, os experimentos planejados foram completos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram obtidos diversos tipos de bioplásticos. Os resultados mais proeminentes foram os que utilizaram mandioca como fonte de amido e a aplicação de cascas de batata ou batata doce, que geraram materiais mais delicados e lisos, enquanto sua substituição por bagaço de cevada, produziu um bioplástico que se mostrou muito mais firme e duradouro.

Estes mesmos materiais foram aplicados como possível embalagem para alimentos naturais, sendo proeminentes, embora um controle com fechamento hermético deva apresentar melhores resultados. De todo modo, a biodegradabilidade do material foi conferida, sendo um aspecto muito relevante.

Os bioplásticos a partir de cascas de banana continuam figurando com potenciais a serem explorados, mas os resultados preliminares aqui obtidos não foram satisfatórios. O prolongamento do tempo de secagem sob temperaturas mais brandas parece ser significativo para melhores resultados.

Foram também obtidos bioplásticos com gelatinas comerciais com ou sem sabor e coloração artificial, com quantidade reduzida de água e glicerina. O aspecto simultaneamente maleável e resistente dos bioplásticos recém preparados foram interessantes e os derivados da gelatina com sabor tiveram menor índice de biodegradação certamente pela presença de conservantes industriais indicados na embalagem comercial.

Os bioplásticos se mostraram versáteis quanto às metodologias de obtenção, variação de matérias primas e aspectos físico-químicos finais, indicando proeminência para aplicações diversas de acordo com suas características intrínsecas.

8. PERSPECTIVAS

Não foram explorados reagentes derivados de algas como agar-agar que diante da literatura parecem ser tão promissores quanto os insumos estudados neste trabalho.

Outro aspecto muito relevante é a exploração de forno micro-ondas como fonte de energia para realização da polimerização, que mediante referências indicam a redução do tempo de produção em torno de 30 minutos em lugar das 2h usuais para “cozimento” e cerca de 48h de secagem.

9. REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, C. (IFSP CAPIVARI) ; ALMEIDA, F. (IFSP CAPIVARI) ; MIRANDA LEITE, E. (IFSP CAPIVARI). Desenvolvimento de bioplástico a partir de amido de batata. 54º Congresso Brasileiro de Química, 54º CBQ, Natal – RN, 2014.
- [2] ANDRINO, Lavínia Marins et al. Produção de embalagens a partir do aproveitamento de coprodutos da indústria de alimentos: uma revisão. 2021.
- [3] AZEVEDO, Alexandre Reis; ALMEIDA, Victor Miranda; SANTOS, Suzana Arleno Souza. Síntese de bioplásticos feitos com polímeros naturais: uma alternativa para a gestão ambiental. **Conhecimento & Diversidade**, v. 9, n. 19, p. 59-70, 2018.
- [4] BURATTI, Jaison; SOARES, Luis Mauricio da Silva. UTILIZAÇÃO DA GLICERINA DO BIODIESEL, NA SÍNTESE DE UM BIOPOLÍMERO. **XVI ENEQ/X EDUQUI**, 2012.
- [5] COELHO, Filipe Alves, FELIPPE, Monica Tais Siqueira D’amelio, SABLÓN, Vicente Idalberto Becerra (Organizadores). Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria. DOI: 10.22533/at.ed.467202809 ISBN: 978-65-5706-446-7 – Ponta Grossa - PR: **Atena**, 2020.
- [6] DA SILVA BEZERRA, Égla; DE ANDRADE, Priscyla Lima. Desenvolvimento de bioplásticos à base de cascas de bananas e de ovos. In: **CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS: CONCEITOS, FUNDAMENTOS E APLICAÇÃO**. Editora Científica Digital, 2021. p. 216-229.
- [7] DA SILVA, Esthefany Batista et al. SÍNTESE DE BIOPLÁSTICO UTILIZANDO A CELULOSE EXTRAÍDA DA BORRA DO CAFÉ. **Anais da Semana de Formação Acadêmica e Científica e Cultural e Humanística e...**(FACCHU-IFC Campus Brusque)-e-ISSN 2763-8286, v. 3, n. 1, 2021.
- [8] DA SILVA HIPOLITO, Israel; DA SILVA HIPOLITO, Rafael; DE ALMEIDA LOPES, Gean. Polímeros na construção civil. **Proceedings of the Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, Brazil**, p. 23-25, 2013.

- [9] DE ALMEIDA, Amanda Aparecida et al. Produção de bioplástico feito a partir de resíduos orgânicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 12471-12478, 2020.
- [10] DOS SANTOS SILVA, Suelen *et al.* Perspectiva da introdução do estudo de polímeros no Ensino Médio por meio da síntese de um bioplástico. **Confiat**, 2014.
- [11] Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 2 / Organizadores Filipe Alves Coelho, Monica Tais Siqueira D'amelio Felipe, Vicente Idalberto Becerra Sablón. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.
- [12] FRANCHETTI, Sandra Mara Martins; MARCONATO, José Carlos. Polímeros biodegradáveis-uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, p. 811-816, 2006
- [13] GORNI, Antonio Augusto. Introdução aos plásticos. **Revista plástico industrial**, v. 10, n. 09, 2003.
- [14] GUIMARÃES, Gabriel Borges; DE ALMEIDA, Victor Miranda; DE AZEVEDO, Alexandre Reis. Síntese e caracterização de bioplásticos a partir de proteínas naturais. **Brazilian Applied Science Review**, v. 5, n. 1, p. 174-189, 2021.
- [15] LUCENA, Sergio Cunha de et al. Projection of opportunities for a refinery in a global long-term scenario; Projecao de oportunidades para uma refinaria em cenario mundial de longo prazo. 2012.
- [16] MARTINS, Silas Sarkiz da Silva et al. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. **Holos**, v. 6, p. 54-76, 2015.
- [17] MENDES, Thiago de Araújo; RODRIGUES FILHO, Saulo. Antes do pré-sal: emissões de gases de efeito estufa do setor de petróleo e gás no Brasil. **Estudos avançados**, v. 26, p. 201-218, 2012.
- [18] MONTAGNER, Cassiana C. et al. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química nova**, v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021.
- [19] NASER, Ahmed Z.; DEIAB, Ibrahim; DARRAS, Basil M. Poly (lactic acid)(PLA) and polyhydroxyalkanoates (PHAs), green alternatives to petroleum-based plastics: a review. **RSC advances**, v. 11, n. 28, p. 17151-17196, 2021.
- [20] PIATTI, Tania Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. **Maceió: Edufal**, p. 51, 2005.
- [21] SILVA, Maria Elanny Damasceno Silva (Organizadora). Sustentabilidade: produção científica e inovação tecnológica. DOI: 10.22533/at.ed.685211606. ISBN: 978-65-5983-168-5 – Ponta Grossa - PR: **Atena**, 2021.
- [22] SILVA OLIVEIRA, Sianne Vithoria *et al.* Plástico biodegradável de batata doce. In: **9ª JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO**. 2018.
- [23] Sustentabilidade: produção científica e inovação tecnológica / Organizadora Maria Elanny Damasceno Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.
- [24] QUINES, Luci KM et al. Métodos de extração de Poli-Hidroxialcanoatos a partir de biomassa bacteriana. **Química Nova**, v. 38, p. 1207-1218, 2015.
- [25] <https://www.ecycle.com.br/pesquisadores-criam-bioplastico-que-degrada-ao-rapido-quantou-ma-casca-de-banana/> (Acessado em 22/02/2024 às 18h).
- [26] <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2020/01/estudantes-brasileiras-criam-plasticobiodegradavel-com-bagaco-da-cana.html> (Acessado em 22/02/2024 às 19h).