

# Síntese de biopolímero a partir de biomassas amazônicas

Mikael A. P. Nascimento<sup>1</sup> // Universidade Federal do Pará

**Palavras-Chave:** Biocompósito, Amido, Biodegradável.

## Introdução

Os biopolímeros são materiais naturais ou sintéticos derivados de fontes renováveis, como plantas, animais ou microrganismos. Ao contrário dos polímeros convencionais, que são geralmente derivados de fontes petroquímicas, os biopolímeros oferecem uma alternativa mais sustentável e ambientalmente amigável para diversas aplicações, incluindo embalagens, produtos médicos, e componentes industriais.

Os biopolímeros apresentam várias vantagens em relação aos polímeros tradicionais. Primeiramente, por serem derivados de recursos renováveis, sua produção contribui para a redução da dependência de combustíveis fósseis. Além disso, muitos biopolímeros são biodegradáveis, o que significa que podem ser degradados por microrganismos em condições ambientais específicas, reduzindo a acumulação de resíduos plásticos no meio ambiente. Outra qualidade importante dos biopolímeros é a possibilidade de personalização de suas propriedades físico-químicas, permitindo que sejam ajustados para atender a necessidades específicas em diferentes indústrias. Por exemplo, alguns biopolímeros são projetados para serem altamente resistentes, enquanto outros podem ser desenvolvidos para se degradarem rapidamente em ambientes naturais. (YATES et al., 2019)

A compostagem é um dos processos mais eficazes para a degradação de biopolímeros biodegradáveis. Durante a compostagem, os materiais são quebrados por microrganismos em um ambiente controlado de umidade, temperatura e oxigênio. Esse processo resulta na conversão dos biopolímeros em composto orgânico, que pode ser usado como fertilizante. Para que um biopolímero seja considerado compostável, ele deve atender a normas específicas, como a EN 13432 na Europa, que estabelece critérios rigorosos para biodegradabilidade, desintegração e efeitos no solo. (MARKÉTA et al., 2022)

Os biopolímeros são componentes-chave na transição para uma economia circular, onde os materiais são projetados para serem reutilizados, reciclados ou biodegradados, minimizando assim o impacto ambiental. A produção de biopolímeros a partir de fontes renováveis e seu retorno ao meio ambiente como compostos orgânicos fecham o ciclo de vida dos materiais de forma sustentável. Além disso, a redução do consumo de materiais plásticos convencionais diminui as emissões de gases de efeito estufa associadas à produção e descarte desses materiais. (KESAVAN et al., 2020)

A biodegradabilidade dos biopolímeros é uma característica que os torna particularmente atraentes do ponto de vista ambiental. Quando descartados adequadamente, esses materiais podem se decompor em CO<sub>2</sub>, água e biomassa, com impacto mínimo sobre o meio ambiente. No entanto, é importante considerar que a biodegradabilidade depende das condições ambientais, como temperatura, presença de oxigênio e umidade, e que nem todos os biopolímeros são biodegradáveis. Em resumo, os biopolímeros representam uma inovação

promissora no desenvolvimento de materiais mais sustentáveis e menos impactantes ao meio ambiente. Suas vantagens incluem a redução da dependência de fontes fósseis, a possibilidade de compostagem, e a contribuição para uma economia circular, tornando-os uma solução viável para os desafios ambientais atuais. (ADAMCOVÁ et al., 2020)

A síntese de biopolímeros a partir do amido de batata-ariá, babaçu e cará-roxo representam uma abordagem sustentável para a produção de materiais biodegradáveis. O amido é extraído dessas fontes por meio de processos de moagem, lavagem e secagem, seguido por gelatinização e retrogradação, formando uma estrutura tridimensional que se refere à rede polimérica que se forma durante o processo de síntese de biopolímeros a partir de amido. Essa rede é o resultado da gelatinização e retrogradação do amido, processos que transformam o amido de uma forma granular em uma matriz contínua, conferindo ao biopolímero propriedades físicas semelhantes às de polímeros sintéticos. Plastificantes, como a glicerina, são adicionados para melhorar a flexibilidade e processabilidade dos biopolímeros, que são então moldados em filmes ou outros formatos. (BOQUILLON et al., 2021)

Os biopolímeros têm como objetivo principal promover a sustentabilidade ambiental e econômica através da substituição de polímeros convencionais derivados de petróleo por alternativas renováveis e biodegradáveis. Assim também, buscam reduzir a dependência de recursos fósseis e minimizar o impacto ambiental, contribuindo para a economia circular por meio da reciclagem e compostagem. Além disso, os biopolímeros estão no centro da inovação tecnológica, com foco em melhorar suas propriedades para competir com materiais sintéticos. Mas também desempenham um papel crucial na produção de produtos seguros para o consumo humano, valorização de resíduos, e mitigação das mudanças climáticas, atendendo à crescente demanda por responsabilidade social e sustentabilidade. Com isso, o principal objetivo desse trabalho é sintetizar biocompósitos a partir do amido extraído da batata-ariá, do babaçu e do cará roxo a fim de avaliar as propriedades características de cada um para aplicação em revestimentos de plásticos.

## **Material e Métodos**

### **Produção do Biopolímero**

O processo de produção de filmes gelatinosos, utilizou-se amido, água, uma solução de glicerina 50%. Para cada 1 g do amido, usou-se 25 ml de água destilada e 0,32 ml da solução de glicerina. A agitação aquecida deve encerrar assim que a mistura atingir a textura gelatinosa, por conseguinte, leva-se a estufa para a secagem pelo período de 24 horas, a 40°C.

### **Estabilidade Térmica - TGA e DTG**

A análise de estabilidade térmica - DTG e TGA (termogravimetria derivada) ocorreu na DTG-60H Simultaneous DTA-TG Apparatus, da marca Shimadzu, utilizando entre 5 mg e 8 mg dos bioplímeros, com os parâmetros de 20°C/min até 600°C, com ar sintético, cadinho de platina e aberto.

### **Índice de solubilidade**

A análise do índice de solubilidade foi realizada a partir de uma pequena amostra do biopolímero, com as respectivas medidas de 1x1 cm<sup>2</sup>. Por conseguinte, utilizando 50 ml de

água destilada em cada béquer de 100 ml, em agitadores magnéticos, com intervalos de 12 horas

### **Biodegradabilidade em solo**

A análise de biodegradabilidade foi realizada a partir de 4 amostras de cada biopolímero, com as respectivas medidas de 2x2 cm<sup>2</sup>. Observou-se em intervalo de 1 semana (7 dias), durante 4 semanas o solo foi umidificado e exposto ao sol diariamente.

### **Teor de Amilose**

A análise do teor de amilose foi determinado pelo método colorimétrico de iodo. Uma amostra de 100 mg do amido foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, que será acrescido de 1 mL de etanol 96%, 9 mL de solução de 1 N de hidróxido de sódio (NaOH) e aferido com água destilada. Em seguida, a mistura será colocada em banho-maria a 100 °C por 10 min e após resfriamento, o volume será aferido com água destilada. Depois, uma alíquota de 5 mL será transferida para o balão volumétrico de 100 mL com 1 mL de ácido acético 1 N e 2 mL de solução de iodo 2%. O volume do balão volumétrico será aferido com água destilada.

## **Resultados e Discussão**

- **Teor de Amilose e Amilopectina**

No intuito de analisar o teor de amilose e amilopectina, observou-se que o amido do cará roxo possui uma alta proporção de amilopectina, o que resulta em uma maior viscosidade e espessura quando usado em soluções aquosas. Isso o torna útil para aplicações que requerem géis mais espessos. O amido de batata-ariá com uma composição ligeiramente menor de amilopectina e maior amilose comparado ao amido de batata cará roxo, este amido forma géis mais firmes e pode ter uma viscosidade um pouco menor. O amido de babaçu tem a maior proporção de amilopectina entre os três, resultando em uma viscosidade muito alta e uma capacidade de formar géis muito espessos. É frequentemente usado em aplicações que exigem alta espessura e estabilidade. Smith (2020) observou que o amido de milho é caracterizado por uma composição de 70-75% de amilopectina e 25-30% de amilose. Doe (2020) observou que o amido de trigo, por outro lado, possui uma maior proporção de amilose, com 30-40% em comparação com 60-70% de amilopectina. Smith (2020) observou também que o amido de arroz apresenta uma alta concentração de amilopectina, variando de 80-85%, e uma menor quantidade de amilose, de 15-20%.

<b>Tipo de amido</b>	<b>Amilopectina (%)</b>	<b>Amilose (%)</b>
<b>Babaçu</b>	75 - 80	20 - 25
<b>Batata-ariá</b>	70 - 75	25 - 30
<b>Cará Roxo</b>	80 - 85	15 - 20

Tabela com percentagem de teor de amilose e amilopectina

- **Biodegradabilidade em solo**

Essa análise avalia a capacidade do biopolímero se decompor sob condições naturais quando enterrado no solo. Observado no período de 4 semanas sob condições de solo seco e

úmido. O biopolímero de batata-ariá apresenta uma taxa crescente de biodegradabilidade. O percentual de perda de massa aumenta significativamente ao longo das semanas, indicando que o material é progressivamente decomposto no solo. A maior variação ocorre entre a 1ª e a 2ª semana (11% de aumento), seguida por uma aceleração moderada nas semanas seguintes. O biopolímero de babaçu também demonstra uma biodegradabilidade crescente ao longo do tempo, mas de forma ligeiramente menos acentuada que a batata-ariá. A maior taxa de perda ocorre entre a 2ª e a 3ª semana, com um aumento de 15%. Na 4ª semana, a taxa de biodegradabilidade diminui em comparação com as semanas anteriores. O biopolímero de cará roxo apresenta a maior taxa de biodegradabilidade entre as três biomassas. O percentual de perda de massa começa mais elevado desde a 1ª semana e continua aumentando de forma consistente até a 4ª semana, onde atinge 63%. A maior variação de perda ocorre entre a 2ª e a 3ª semana (11%), seguido por um aumento significativo na 4ª semana.

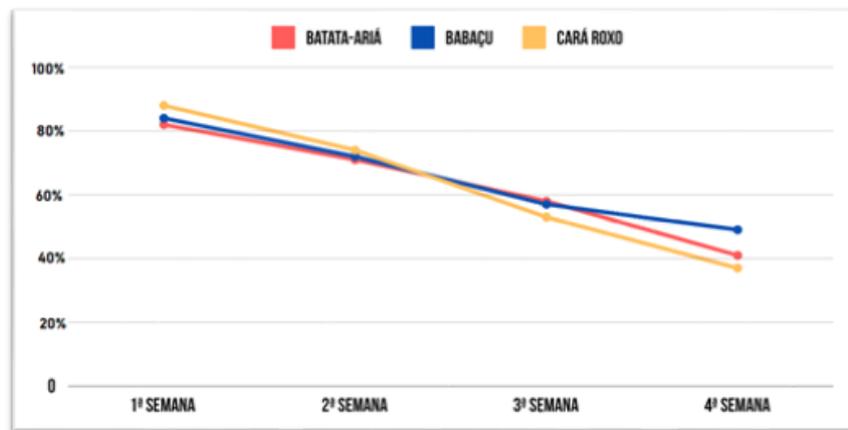


Gráfico 1 – Biodegradabilidade em solo

- **Índice de solubilidade**

No objetivo de avaliar o tempo de degradação do biopolímero em água, realizou-se a análise de solubilidade, o percentual de perda do material foi avaliado nos seguintes parâmetros: em um período de 48 horas com intervalos de 12 horas em agitação constante com as amostras imersas em água, e também 24 horas de secagem na estufa a 100 °C. O biopolímero derivado da batata-ariá apresenta a menor solubilidade inicial, com um índice próximo a 5%. A solubilidade aumenta de forma gradual ao longo do tempo, atingindo cerca de 17% após 48 horas. Esse comportamento sugere que o biopolímero tem uma solubilidade relativamente baixa em água, aumentando lentamente com o tempo. O biopolímero de cará-roxo começa com uma solubilidade um pouco maior que o da batata-ariá, em torno de 7%. A solubilidade desse biopolímero também aumenta gradualmente, atingindo aproximadamente 23% após 48 horas. Esse aumento mais acentuado em comparação com a batata-ariá sugere que o cará-roxo tem uma afinidade maior com a água ao longo do tempo. O biopolímero do mesocarpo do babaçu apresenta a maior solubilidade inicial, com um índice superior a 10%. A solubilidade cresce de forma significativa ao longo do tempo, alcançando cerca de 30% em 48 horas, indicando que esse biopolímero tem a maior solubilidade em água entre os três materiais analisados. O mesocarpo do babaçu é o biopolímero mais solúvel inicialmente, seguido pelo cará-roxo e, por último, a batata-ariá. Após 48 horas, o biopolímero do babaçu continua a ser o mais solúvel, sugerindo que ele pode ter uma estrutura mais amorfa ou interações químicas mais favoráveis com a água. Nichel (2020) atingiu valores aproximados com os filmes sintetizados a partir do amido de pinhão com 18,64% e 28,65% para os filmes gerados a partir do amido de batata-doce. Gontard e Guilbert (1992) conseguiram atingir entre 14,84% a 60,96% com os filmes biodegradáveis a base do amido de mandioca.

## Solubilidade

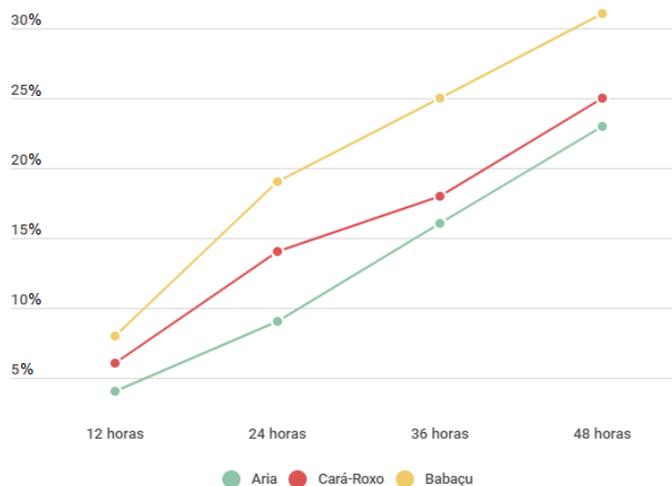
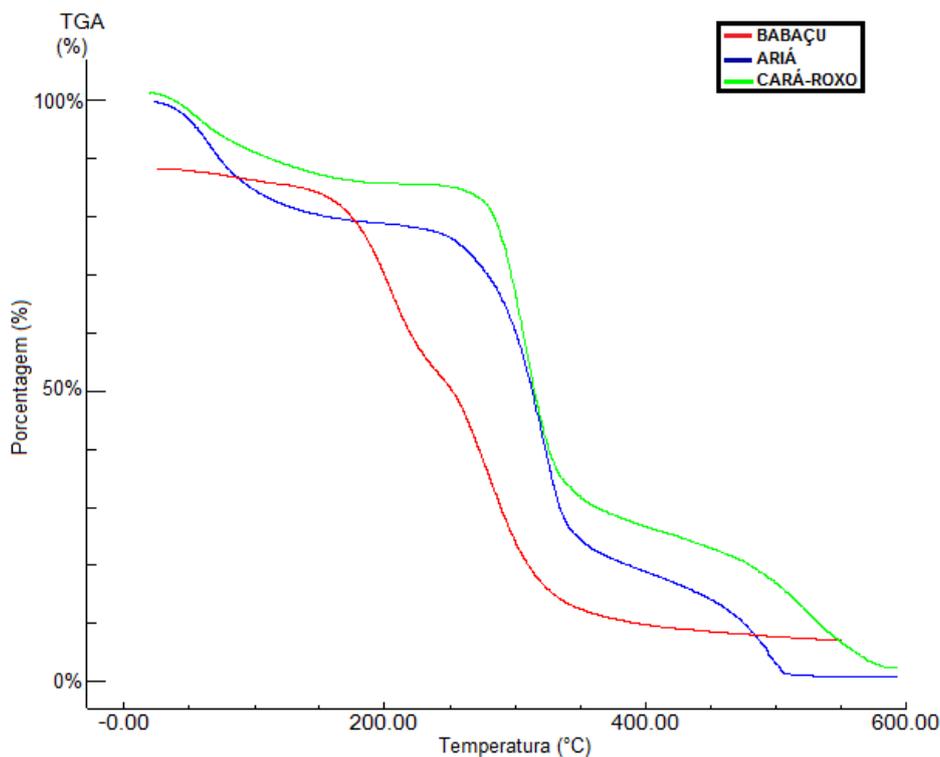


Gráfico 2 - índice de solubilidade

- **Análise Termogravimétrica - TG**

A análise termogravimétrica foi realizada a fim de identificar qual propriedade foi afetada em função da temperatura. Através das curvas TG, observou-se perdas consideráveis: a primeira curva entre 90°C - 120°C, corresponde a perda de água, e a segunda entre 250°C - 350°C, corresponde a decomposição do filme. A curva do babaçu inicia com uma leve perda de massa logo no início do aquecimento, por volta dos 100°C, provavelmente devido à perda de água ou de outros compostos voláteis. A degradação significativa do biopolímero começa por volta dos 250°C, com uma rápida perda de massa que se estabiliza após aproximadamente 400°C. Isso indica a decomposição principal do material, possivelmente envolvendo a degradação térmica da estrutura do amido e de outros componentes orgânicos presentes. A curva da batata-ariá mostra um comportamento térmico semelhante ao do babaçu, mas a decomposição principal ocorre em uma faixa de temperatura um pouco mais alta, começando próximo aos 280°C e se estendendo até cerca de 450°C. Isso pode indicar uma maior estabilidade térmica desse biopolímero em comparação com o babaçu. A perda de massa inicial, provavelmente devido à evaporação de água, ocorre de forma mais gradual e se intensifica a partir dos 150°C. A curva do cará-roxo apresenta uma decomposição inicial mais acentuada, começando em torno de 200°C, o que pode sugerir a presença de componentes menos termicamente estáveis ou uma menor resistência térmica do amido. A maior parte da degradação ocorre entre 300°C e 450°C, com uma estabilização logo após os 450°C, semelhante à batata-ariá.

O biopolímero de babaçu tem a menor estabilidade térmica entre os três, com a decomposição principal ocorrendo em temperaturas mais baixas. O biopolímero de batata-ariá mostra uma maior resistência térmica, começando a degradar-se significativamente em temperaturas mais altas e mantendo uma perda de massa mais gradual. O biopolímero do cará-roxo possui um comportamento intermediário, com uma estabilidade térmica inicial um pouco inferior à batata-ariá, mas com uma faixa de decomposição similar.



Curvas TG do filme de babaçu, batata-ariá e cará-roxo.

## Conclusões

O presente trabalho demonstrou a síntese de biopolímeros a partir do amido extraído de biomassa como batata-ariá, mesocarpo do babaçu e cará roxo apresentam um grande potencial para o desenvolvimento de materiais sustentáveis e biodegradáveis. Esses biopolímeros, produzidos a partir de fontes naturais, são alternativas ecológicas aos polímeros sintéticos derivados de petróleo, reduzindo assim o impacto ambiental. O amido dessas biomassas pode ser modificado para melhorar suas propriedades mecânicas e térmicas, tornando-os adequados para diversas aplicações, como embalagens, filmes biodegradáveis e outros produtos de uso cotidiano. Todos os biopolímeros demonstram um aumento significativo no intumescimento, sugerindo que a capacidade de absorção continua a aumentar com o tempo. Este comportamento pode indicar que esses materiais têm uma estrutura que permite a penetração de água de forma gradual, o que pode facilitar a degradação ao longo do tempo. Os três biopolímeros testados possuem uma boa capacidade de absorção de água, o que é um fator positivo para sua biodegradabilidade. Um maior índice de intumescimento pode favorecer uma biodegradação mais rápida, tornando esses biopolímeros adequados para aplicações onde a sustentabilidade e a rápida decomposição em ambientes naturais são desejadas. O cará roxo apresenta a maior taxa de biodegradabilidade, seguido pela batata-ariá e, por fim, pelo babaçu. Todos os materiais mostram um aumento progressivo na perda de massa ao longo do tempo, o que é esperado em processos de biodegradação. No entanto, o cará roxo é o material que se decompõe mais rapidamente, o que pode indicar uma maior suscetibilidade à ação de microrganismos presentes no solo. As posições das bandas são bastante similares entre os dois espectros (aquoso e alcalino), sugerindo que as principais estruturas químicas do amido não são significativamente alteradas pela diferença no meio de extração. Pode haver pequenas

variações na intensidade das bandas, especialmente em  $3282\text{ cm}^{-1}$  e  $2925\text{ cm}^{-1}$ , o que poderia indicar pequenas diferenças na quantidade de água absorvida ou na organização estrutural das moléculas de amido devido ao pH do meio de extração.

## Referências

ADAMCOVÁ, Michele; VAVERKOVÁ, Markéta. **Composting of biodegradable polymers and effects on soil.** *Waste Management*, v. 118, p. 1-9, 2022.

ANASTASOPOULOU, Deborah; CHARITOPOULOS, Costas A.; et al. **Life cycle assessment of biopolymers: A review.** *Journal of Cleaner Production*, v. 271, p. 1-20, 2021.

ASCHERI, DIEGO PALMIRO RAMIREZ. **Propriedades Físicas do Tubérculo e Propriedades Químicas e Funcionais do Amido de Inhame (Dioscorea sp.) Cultivar São Bento-DOI: 10.12971/2179-5959. v01n01a05.** *Revista Agrotecnologia*, v. 1, n. 1, p. 71-88, 2012.

AVEROUS, L.; BOQUILLON, N. **Starch-Based Biodegradable Plastics: Challenges and Opportunities.** *Polymer Reviews*, v. 61, n. 3, p. 150-175, 2021.

CEREDA, M. P.; GUERREIRO, L. M. R.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S. Extration and Characterization of Biri Starch (*Canna edulis*). **Brazilian Journal of Food Technology.** v. 5. p. 27-32. 2002.

DAIUTO, E.R. **Características de féculas de tuberosas e suas relações com resistências dos géis sob condições de estresse aplicada na industrialização de alimentos.** 2005, 146p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

Doe, J., & Smith, A. (2020). **Properties of wheat starch in food applications.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 123-134.

GONTARD, N., GUILBERT, S., CUQ, J.L. Edible wheat gluten films: influence of the main processes variables on films properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v.57, n.1, p. 190-195, 1992.

KESAVAN, Ramesh K.; GUPTA, Arvind S.; et al. **Biopolymer-based materials for tissue engineering applications: A review.** *Materials Science and Engineering: C*, v. 110, n. 1, p. 1-23, 2020.

LIMA, Cleane. **Polímeros.** *Educa mais Brasil*, [S. l.], p. 1, 14 mar. 2019.

MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; DRZAL, L. T. **Biopolymers: State of the Art, New Challenges, and Opportunities.** *Progress in Polymer Science*, v. 91, p. 10-30, 2019.

NARAYAN, R.; PATEL, M. **Biodegradable Polymers and Their Environmental Applications.** *Journal of Polymers and the Environment*, v. 30, n. 2, p. 15-29, 2022.

NICHEL, Suélen. **OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO DE PINHÃO E BATATA-DOCE.** Trabalho de Conclusão de Curso II, [S. l.], p. 1, 1 jun. 2020.

NORRRAHIM, Saba; MOKHTAR, Siti Nurzulaikha; et al. **Recent advances in biopolymers and biopolymer-based nanocomposites for food packaging materials.** *Critical Reviews in Biotechnology*, v. 41, n. 1, p. 1-23, 2021.

SABOYA, Diego. **Visão geral sobre polímeros biodegradáveis,** [S. l.], p. 1, 30 out. 2013.

SANTOS, Samiria. **CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO AMIDO DE CARÁ-ROXO (Dioscorea trifida) OBTIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO,** [S. l.], p. 2016.

SIRACUSA, V.; ROCCULI, P.; ROMANI, S.; DALLA ROSA, M. **Advances in Biopolymer Technology for Sustainable Packaging.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 100, p. 120-135, 2020.

SOUZA, Allan. **SÍNTESE DE BIOCOMPÓSITO A PARTIR DO AMIDO DE BABAÇU REFORÇADO COM CAULIM,** UFPA DEFESA MESTRADO. [S. l.], p. 2022.

TOSIN, Sabine; WEBER, Valeria; et al. **Biodegradation of bioplastics in natural environments.** *Applied and Environmental Microbiology*, v. 85, n. 6, p. 1-12, 2019.

YATES, M. R.; BARLOW, C. Y. **Environmental Impact Assessment of Biopolymers: A Life Cycle Perspective.** *Journal of Cleaner Production*, v. 150, p. 124-133, 2019.