

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**ETEC TRAJANO CAMARGO**

**ETIM QUÍMICA**

**EDUARDA ALVES DE OLIVEIRA**

**ERIC BRANDET CIDADE**

**KATHELLEN DA SILVA OLIVEIRA**

**ESTUDOS DOS ADITIVOS APLICADOS AOS BIOPOLÍMEROS A  
PARTIR DO AMIDO**

**LIMEIRA-SP**

**2022**

**EDUARDA ALVES DE OLIVEIRA**  
**ERIC BRANDET CIDADE**  
**KATHELLEN DA SILVA OLIVEIRA**

**ESTUDOS DOS ADITIVOS APLICADOS AOS BIOPOLIMÉROS A  
PARTIR DOS CARBOIDRATOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Química da Etec Trajano Camargo, orientado pela Prof. Dr. Gislaine Aparecida Barana Delbianco e coorientado pelo Prof. Dr. Ricardo Francischette Jacob, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Química.

**LIMEIRA-SP**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grato (a) aos meus pais por sempre me incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou.

Agradeço a Ana Paula Duarte Ramin e o Professor Yuri Alexandre Meyer por estar disposto (a) a ajudar sempre que fosse preciso.

Grato (a) pela confiança depositada pela minha orientadora Gislaine Ap. Barana Delbianco e coorientador Ricardo Francisquette Jacob que dedicou inúmeras horas para sanar as minhas questões e me colocar na direção correta.

Agradeço ao meu grupo de tcc pelas trocas de ideias e ajuda mútua. Juntos conseguimos avançar e ultrapassar todos os obstáculos.

Também agradeço aos funcionários da Escola Etec Trajano Camargo, principalmente a Leticia, que contribuíram direta e indiretamente para a conclusão deste trabalho.

Por último, quero agradecer também à Escola Etec Trajano Camargo e todo o seu corpo docente.

*"Foi o tempo que dedicaste à tua rosa que a fez tão importante"*

*Antoine de Saint-Exupéry*

## **RESUMO**

O trabalho visa estudar uma alternativa para o plástico comum derivado do petróleo, um grande vilão do meio ambiente nos dias atuais, já que até mesmo quando descartado de maneira correta leva séculos para se decompor, com isso buscamos encontrar uma alternativa para o problema produzindo um bioplásticos aditivado utilizando amido extraído da batata, escolhemos usar aditivos para melhorar seu desenvolvimento e qualidade, estudando as composições com diferentes aditivos podendo então comparar os resultados obtidos com cada formulação, no processo de fabricação foi extraído o amido da batata e a partir disso cada formulação foi realizada, os aditivos utilizados foram a xantana, ácido esteárico, HCl e glicerina, variando na combinação e na porcentagem de cada um deles, após aquecimento e secagem obteremos o bioplásticos finalizado, quando realizamos os testes de controle de qualidade que consistem em: teste de resistência, teste de solubilidade, teste de biodegradação e teste de resistência a temperatura, nosso maior empecilho durante o processo foi com a secagem do mesmo, já que não tínhamos as condições adequadas para ocorrer a retrodegradação o que favoreceu o crescimento de colônias de fungos, em geral obtivemos melhor resultado nas formulações 2 e 4 com melhores características mecânicas e aparência.

Palavras-chave: Bioplásticos. Aditivos. Amido.

## **ABSTRACT**

In conclusion, of the coursework we study an alternative for the common plastic petroleum's derivative, a big environmental villain lately, including when the plastic is correctly discarded, it will take centuries to decompose. Therefore we seek to find an alternative for the problem by making an additive bioplastic using potato starch, we choose to use the additives to have a better quality and development, studying the compositions with different additives and then compare the results with the formulations, in the production process it was extracted the potato's starch, the additives utilized was xanthan, stearic acid, HCl and glycerin, utilizing different combinations and percentage in each one, after heat and dry, the bioplastic is ready, so we did the quality tests, that are: resistance test, solubility test, biodegradability test and resistance to heat test, our big obstacle during the process was the drying, because we didn't have the proper conditions to happen the retrogradation that favored the growth of fungi, in general the best results are in the formulations 2 and 4 with the better characteristics and appearance.

Key-words: Bioplastic, additive and starch

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Gráfico da produção global de bioplásticos.....	12
Figura 2- Estrutura molecular da amilose (a) e da amilopectina (b) .....	16
Figura 3 - Estrutura molecular da goma xantana.....	20
Figura 4 - Atividades experimentais de elaboração do biopolímeros. ....	23
Figura 5- Peneirando a massa de batata.....	26
Figura 6 - decantação do amido.....	26
Figura 7- Primeira formulação padrão.....	27
Figura 8- Última formulação padrão. ....	27
Figura 9- Biopolímero da formulação 1. ....	28
Figura 10- Biopolímero da formulação 2.....	28
Figura 11- Biopolímero da formulação 2. ....	28
Figura 12- Biopolímero da formulação 3. ....	29
Figura 13- Biopolímero da formulação 4 .....	30
Figura 14- Biopolímero da formulação 5 .....	30
Figura 15- Biopolímero da formulação 6 .....	31
Figura 16 - Primeiro biopolímero da formulação 7 .....	31
Figura 17 - Segundo biopolímero da formulação 7 .....	31
Figura 18 - Biopolímero da formulação 2 após as 24 horas na água.....	34
Figura 19 - Biopolímero da formulação 7 após 24 horas na água .....	35

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Formulações dos biopolímeros aditivados.....	24
Tabela 2 - Espessura dos biopolímeros.....	31
Tabela 3 - Peso suportado pelos biopolímeros. ....	32
Tabela 4 - Biodegradação dos biopolímeros.....	32
Tabela 5 - Solubilidade dos biopolímeros em água pura e em solução salina 3% .....	33



# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	11
2.	OBJETIVO .....	14
2.1	Objetivo Geral .....	14
2.2	Objetivos Específicos .....	14
3.	FUNDAMENÇÃO TEORICA .....	15
3.1.	Polímeros Sintéticos e Naturais .....	15
3.2.	Propriedade e Características do Amido.....	16
3.3.	Amido Termoplásticos (TPS).....	17
3.4.	Aditivos poliméricos.....	18
3.4.1.	Propriedades da Xantana.....	19
3.4.2.	Propriedades do Ácido Esteárico.....	20
3.5.	Produção do Biofilme .....	21
3.6.	Ensaio Físicos e químicos de Qualidade dos Biopolimeros.....	22
4.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	23
4.2.	Elaboração do Biopolímero Básico .....	24
4.3.	Ensaio de Controle de Qualidade .....	24
4.3.1.	Teste de Resistência.....	24
4.3.2.	Teste de Solubilidade.....	24
4.3.3	Teste de Biodegradação .....	25
4.3.4.	Teste de Resistência à Temperatura .....	25
5.	DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	26
5.1.	Preparo da Amostra .....	26
5.2.	Elaboração dos Biopolímeros .....	26
5.2.1.	Biopolímero padrão .....	26
5.2.2.	Formulação 1 .....	27
5.2.3.	Formulação 2 .....	28
5.2.4.	Formulação 3 .....	29
5.2.5.	Formulação 4 .....	29
5.2.6.	Formulação 5 .....	30

5.2.7. Formulação 6 .....	30
5.2.8. Formulação 7 .....	31
5.3. Ensaio de Controle de Qualidade .....	31
5.3.1. Teste de Resistência.....	31
5.3.2. Teste de Biodegradação.....	32
5.3.3. Teste de Solubilidade.....	33
5.3.4. Teste de Resistência à Temperatura .....	35
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	37

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Ao longo da crise do coronavírus, o plástico tornou-se um problema ainda maior, já que a quantidade de resíduos plásticos gerados por residências privadas aumentou dez por cento desde março de 2020. Em todo o mundo, 465 milhões de toneladas de plástico foram fabricadas em 2019 e a produção ainda está aumentando. De acordo com a Agência Internacional de Energia, o plástico será responsável por metade do crescimento da demanda global por petróleo até 2050. O Centro de Direito Ambiental Internacional calculou que, a menos que a indústria do setor mude de planos, os plásticos consumirão entre 10 e 13 por cento do orçamento global de carbono até 2050 (UNMÜBIG, 2021).

A poluição causada pelo plástico compromete a sobrevivência de mais de 800 espécies marinhas, 15 das quais já se encontram ameaçadas. A cada ano, cerca de 8 milhões de toneladas de plástico acabam no oceano, o que equivale a um caminhão de lixo cheio desse produto jogado no mar a cada minuto. De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), entre 60 a 90% da areia que se acumula nas linhas costeiras, a superfície e o fundo do mar já contêm plástico (HORIZONTE AMBIENTAL, 2021).

Em um levantamento da ABRELPE (Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública) realizado em 2017, o Brasil possui cerca de 3 mil lixões ou aterros irregulares, o que impacta a qualidade de vida de 77 milhões de brasileiros. O plástico no meio ambiente também pode dificultar a decomposição de outros resíduos, reforçando ainda mais a superlotação dos aterros sanitários (SENAC,2022).

É possível citar diversos usos para os biopolímeros no nosso dia a dia, em diversas áreas, tem sua utilidade na medicina, na qual são utilizados os polímeros bioabsorvíveis, ou seja, polímeros biodegradáveis que podem ser assimilados por um sistema biológico. Na indústria, um exemplo da utilização de fontes renováveis, são chamados “polímeros verdes”, tal qual o polietileno (PE) verde, que possui a mesma variedade de aplicações do PE de origem fóssil, e ainda apresenta a vantagem de capturar dióxido de carbono da atmosfera para sua produção. (PAULO, 2014)

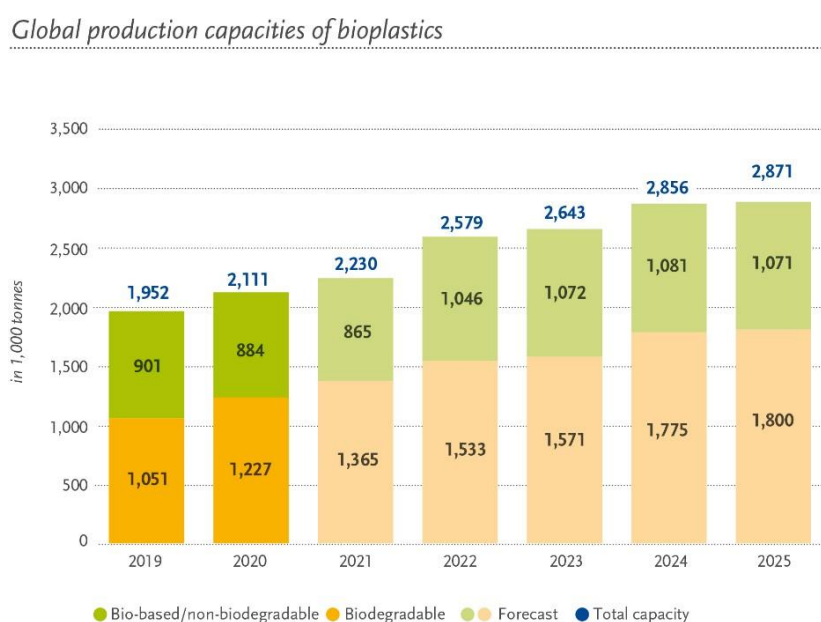
Outro biopolímeros comumente usados é o polímero de amido (PA), um polissacarídeo produzido a partir da batata, do milho, do trigo e da mandioca. Nesse caso, o amido contido nesses vegetais é extraído e submetido a um processo químico de desestruturação e um rearranjo na cadeia de moléculas, gerando assim um material plástico. Uma das maiores vantagens do uso dos biopolímeros é sua degradação no ambiente, que ocorre naturalmente, por meio de

fungos, bactérias e algas, decompondo-se em moléculas menores e agredindo menos o meio ambiente (PAULO, 2014).

Há pelo menos 20 anos, o Brasil vem produzindo e utilizando bioplásticos como um substituto de produtos de origem fóssil. Passadas duas décadas, uma das principais associações do setor, a Associação Brasileira de Biopolímeros Compostáveis e Compostagem (ABICOM), avalia que o ambiente está propício para o país ter uma taxa de crescimento acima da global. Segundo o relatório publicado pela European Bioplastic em 2021, a estimativa mundial é que a indústria de bioplásticos mais do que triplique sua capacidade de produção nos próximos cinco anos (SOUZA, 2022).

De acordo com o relatório publicado, há uma forte tendência de crescimento dinâmico e contínuo da indústria global de bioplásticos. “Nosso setor superou com sucesso os desafios impostos pela pandemia de Covid-19. E as perspectivas para os bioplásticos também são promissoras, visto que o mercado global deve crescer 36% nos próximos cinco anos”, afirmou François de Bie, presidente da EUBP (ARANDA, 2020).

Figura 1- Gráfico da produção global de bioplásticos



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2020)  
More information: [www.european-bioplastics.org/market](http://www.european-bioplastics.org/market) and [www.bio-based.eu/markets](http://www.bio-based.eu/markets)

(ARANDA,2020.)

Em nível global, a terra usada para cultivar a matéria-prima renovável para a produção de bioplásticos é estimada em 0,7 milhão de hectares (em 2020) que representa 0,015% da área

agrícola mundial de 4,7 bilhões de hectares. Apesar do crescimento do mercado previsto nos próximos cinco anos, a parcela do uso da terra para produção de bioplásticos aumentará para 0,020% (ARANDA, 2020).

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Estudar os efeitos da adição de aditivos para melhora das propriedade dos biopolímeros a partir da batata e, seu processo de preparação, buscando métodos e formulações para encontrar a melhor composição, agregando propriedades úteis para a substituição dos polímeros sintéticos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Comparar diferentes tipos de aditivos e os efeitos sobre as propriedade dos biopolímeros a partir da casca da batata.
- Encontrar qual o aditivo que proporciona uma melhor maleabilidade e resistência, permitindo substituir um polímero sintético, e a partir de um produto eco-friendly.
- Comparar as formulações que apresentam um melhor resultado.
- Comparar os processos de obtenção.
- Realizar os ensaios físicos e químicos de qualidade, são eles: resistência, solubilidade, biodegradação e resistência à temperatura.

### **3. FUNDAMENÇÃO TEORICA**

#### **3.1. Polímeros Sintéticos e Naturais**

Um dos primeiros polímeros a ser sintetizado em laboratório foi o polietileno, no ano de 1934, em uma indústria na Inglaterra, mas esse polímero só ficou conhecido anos depois durante a Segunda Guerra Mundial. Nessa época desempenhou um papel importante, como isolante elétrico de radares militares. Os polímeros, ou plásticos, como são mais conhecidos, são uma classe de materiais dos quais a sociedade do século 21 é bastante dependente (GAUTO e ROSA, 2013).

O polietileno foi ganhando novos processos de obtenção e, no ano de 1950, Karl Ziegler utilizou da química orgânica para fabricar um polietileno mais rígido e de alta densidade, foi a partir daí que surgiram as primeiras garrafas plásticas, a forma a um dos primeiros brinquedos de plásticos, o bambolê (SOUZA, 2022).

As substâncias que dão origem aos polímeros através de reação química, são chamadas de monômeros, enquanto as unidades que se repetem ao longo da cadeia polimérica e que caracterizam a composição química do polímero são chamadas de unidades de repetição ou meros (AKCELRUD, 2007).

De forma geral, os polímeros podem ser classificados quanto à natureza em naturais (biopolímeros) ou sintéticos (artificiais). Os polímeros naturais são aqueles presentes nos seres vivos, como proteínas, DNA, RNA e carboidratos. Já os polímeros sintéticos, são aqueles produzidos pela indústria petroquímica, como policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS), polipropileno (PP), fibras (náilon), resinas, e entre outros (GAUTO e ROSA, 2013).

Os polímeros sintéticos estão hoje presentes em nossa vida diária porque nos permitem resolver um grande número de problemas, quer na indústria, na agricultura e nos serviços. Entretanto, nem tudo são maravilhas. O uso e descarte irresponsáveis de materiais poliméricos acabaram por criar muitos problemas ambientais devidos à durabilidade dos polímeros sintéticos no ambiente (GAUTO e ROSA, 2013).

Com o passar dos anos, tornou-se necessária a busca por alternativas e estudos para a produção de um plástico que não causasse tanto impacto ao meio ambiente. Pensando nisso, pesquisadores desenvolveram o bioplásticos ou biopolímeros, o qual é constituído de matéria orgânica, não sintética. (NEVES, 2013)

Os polímeros biodegradáveis ou biopolímeros são materiais produzidos de fontes renováveis, com propriedades físicas e químicas semelhantes às do polímero sintético, cuja degradação gera fragmentos com baixa massa molecular, através da ação de microrganismos

tais como bactérias, fungos e até enzimas, com a grande vantagem deste processo ser muito mais rápido que nos plásticos sintéticos (BRESSANIN, 2010).

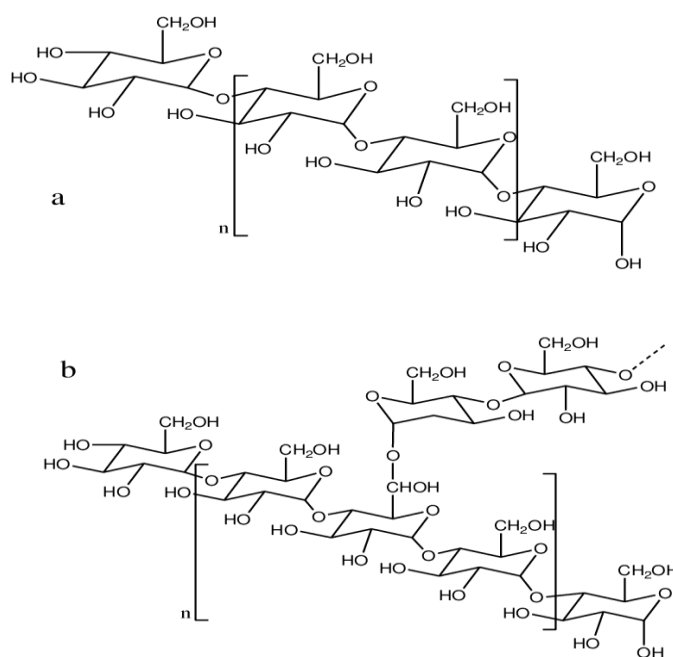
### 3.2. Propriedade e Características do Amido

A maioria dos polímeros são formados por cadeias saturadas, o que os torna resistentes a ataques químicos e biológicos, lhes conferindo propriedades melhores, longevidade e estabilidade. Diferente do biopolímero proveniente do amido de batata, que devido a sua origem se torna mais vulnerável a esses ataques (RODRIGUES, 2015).

O amido é a principal fonte de reserva de energia nas plantas fotossintetizantes. Juntamente com a celulose, constitui uma das mais abundantes fontes de carboidratos. Inúmeras plantas possuem amido, entretanto, os mais empregados industrialmente são aqueles provenientes de sementes, tubérculos e raízes, como a mandioca, a batata e o milho (BRESSANIN, 2010).

Os biopolímeros de amido são formados por monômeros de glicose polimerizados em disposições ramificados (amilopectina) e lineares (amilose) em proporções que variam de acordo com sua origem (figura 2). As micro e macro estruturas dos aglomerados de amilose e amilopectina, denominados grânulos, determinam as características físicas do amido (BARNABÉ et al.,2020).

Figura 2- Estrutura molecular da amilose (a) e da amilopectina (b)



(Bressanin, 2010).



O amido está presente na forma de pequenos grânulos, em raízes sementes e talos de uma variedade de plantas, incluindo arroz, batata, cevada, mandioca, milho e trigo. Estes grânulos possuem forma e tamanho característicos segundo sua fonte de procedência, sendo que o tamanho dos grânulos pode variar desde 2  $\mu\text{m}$  até 100  $\mu\text{m}$  de diâmetro. (JACOB, 2006)

Além da amilose e amilopectina, o grânulo de amido apresenta compostos nitrogenados, lipídeos e minerais, sendo que os dois polissacarídeos são responsáveis por aproximadamente 98% da massa do amido (base seca) (MENDES, 2009).

O amido é parcialmente cristalino apresentando valores de cristalinidade entre 20 e 45%, a grande responsável pela cristalinidade do amido é a amilopectina. A relativa abundância de estruturas cristalinas é influenciada pela razão amilose, pela massa molar pelo, grau de ramificações e pelo comprimento das cadeias de amilopectina (JACOB, 2006).

Os grãos nativos incham quando absorvem água devido á formação de ligação de hidrogênio entre a água e os grupos hidroxilas do amido. Entretanto, quando estes grãos previamente inchados são aquecidos, estas ligações são rompidas e, conseqüentemente, a cristalinidade é também progressivamente reduzida. Este processo é conhecido como gelatinização do amido (MENDES, 2009).

Diferentes amidos exibem diferentes densidades granulares que afetam a facilidade com que estes grânulos absorvem água. A escala de gelatinização refere-se à faixa de temperatura acima da qual todos os grânulos são inchados inteiramente (em torno de 60°C A 75°C) dependendo da origem do amido (MENDES, 2009).

A batata é um tubérculo promissor na indústria de polímeros de amido. No entanto, apesar de possuir destaque no setor alimentício, do total de batata produzida, aproximadamente 35% (casca e resto de polpa) é descartada no processo de industrialização. Especula-se que no Brasil descartam-se mais de 300 mil toneladas de cascas de batata por ano, concentrando cerca de 25,60% do total do amido da batata. Com isso, torna-se viável a utilização de cascas da batata para a produção de bioplásticos (NEVES, 2013).

### **3.3. Amido Termoplásticos (TPS)**

No final de 1990, foram feitas as primeiras referências ao amido termoplástico (TPS), que se diferencia das tecnologias anteriores por empregar o amido praticamente puro, como material termoplástico e não como carga, sem modificações químicas (JACOB, 2006).

O amido granular não possui característica termoplástica. No entanto, quando submetido à pressão, cisalhamento, temperaturas na faixa de 90-180°C e na presença de um plastificante, o amido se transforma em um material fundido. Nesse fundido, as cadeias de

amilose e amilopectina estão intercaladas, e a estrutura semicristalina original do grânulo é destruída. Esse material é denominado amido termoplástico (TPS) ou amido plastificado (CORRADINI, 2007).

A água deve ser adicionada para a preparação, pois atua como um agente desestruturante do grânulo, com o rompimento das ligações de hidrogênio entre as cadeias e também age como plasticizante. Entretanto, além da água, há necessidade da utilização de um plasticizante adicional, cuja função é tornar os filmes mais flexíveis e facilitar a processabilidade. Os mais empregados são os açúcares e os polióis, tal como a glicerina (BRESSANIN, 2010).

O TPS é um material relativamente novo para aplicação como plásticos biodegradável e é um dos principais polímeros atualmente estudados nessa área. Apresenta duas limitações principais quando comparado à maioria dos plásticos em uso: apresenta elevada higroscopicidade e baixo desempenho em propriedades mecânicas (MENDES, 2009).

Os plasticizantes são substâncias empregadas com o objetivo primário de aumentar a flexibilidade de um polímero (plasticização) e efeito secundário de melhorar sua processabilidade (NEVES, 2013).

Os plasticizantes modificam as propriedades mecânicas de um polímero, assim como as temperaturas de transição vítrea de fusão, pois atuam neutralizando ou reduzindo as forças de interação intermolecular, porém não modificam a natureza química do polímero (BRESSANIN, 2010).

A utilização de polímeros biodegradáveis, como o amido termoplástico, é uma alternativa interessante para substituir parcialmente os polímeros sintéticos em aplicações que não se requer um tempo longo de uso tais como embalagens, potes para plantio, pratos e talheres descartáveis (CORRADINI, 2007).

A vantagem do amido termoplástico em relação aos demais polímeros biodegradáveis é que o amido é proveniente de fontes renováveis, de baixo custo e de grande disponibilidade, biodegradável e pode ser processado em equipamentos comuns como os utilizados para os plásticos convencionais (CORRADINI, 2007).

### **3.4. Aditivos poliméricos**

Os aditivos poliméricos são compostos químicos adicionados aos polímeros e biopolímeros como componentes auxiliares, com a finalidade de melhorar e atribuir novas propriedades ao polímero (GAUTO e ROSA, 2020).

Alguns dos principais aditivos são, corante, antiestético, antioxidante, aromatizante, biocida, carga, estabilizante térmico e UV, plasticizante e retardador de chamas (GAUTO e ROSA, 2020).

Ao utilizar o amido, é necessário levar em consideração que a amostra pura é frágil devido as suas interações de hidrogênios entre as macromoléculas de amilose e amilopectina, por isso, necessitam de um aditivo plasticizante para assim lhes conferir flexibilidade, com o aumento da mobilidade das suas macromoléculas (MENDES, 2009).

O plasticizante deve ser polar, hidrofílico e compatível com o amido, além de apresentar um alto ponto de ebulição, para não ocorrer sua evaporação durante o processo de produção (MENDES, 2009).

Na elaboração do biopolímero há dois plasticizantes importantes, sendo um deles a água, que além desse papel, exerce a função de agente desestruturante do grânulo nativo, entretanto há a necessidade de um segundo plasticizante, além da água, tal como um poliol, permitindo a obtenção de um material mais maleável e com melhores propriedades termoplásticas e mecânicas. O poliol mais utilizado em termoplásticos é a glicerina (MENDES, 2009).

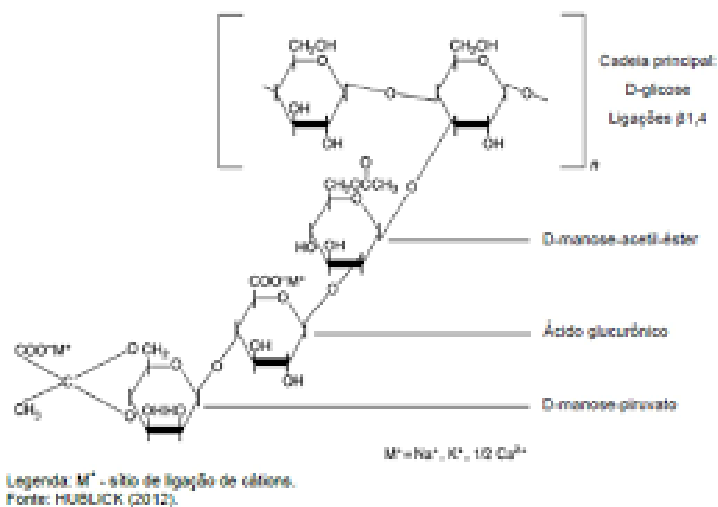
### **3.4.1. Propriedades da Xantana**

A goma xantana é um polissacarídeo produzido por espécies de bactérias do gênero *Xanthomonas*. Sua produção, comercialização e utilização como espessante e estabilizante tornou-se crescente com o passar dos anos (BORGES; VENDRUSCOLO, 2008).

A goma xantana é completamente solúvel em água gelada ou quente, produz altas viscosidades a baixas concentrações e apresenta excelente estabilidade ao calor e variações de pH (BRESSANIN, 2010).

A xantana apresenta-se com uma estrutura primária composta de repetidas unidades pentassacarídicas. É constituída, normalmente, de unidades de  $\beta$ -Dglicose unidas por ligação 1-4, formando a cadeia principal celulósica; na posição C(3) de cada resíduo de glucose alternada existe uma cadeia lateral trissacarídica contendo unidades de  $\beta$ -D-manose1,4- $\beta$ -D-ácido glicurônico- 1,2- $\alpha$ -D-manose, podendo apresentar na posição C(6) da  $\alpha$ -D-manose interna grupos O-acetil e na  $\beta$ -D-manose terminal substituinte 4,6-ácido pirúvico (figura 3) (BORGES; VENDRUSCOLO, 2008).

Figura 3 - Estrutura molecular da goma xantana

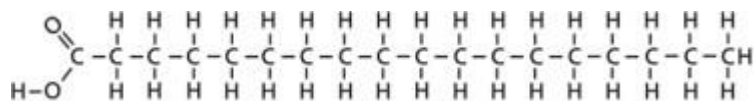


(cavalgante, 2019).

### 3.4.2. Propriedades do Ácido Esteárico

O ácido esteárico é um ácido graxo saturado, que compreende 17 átomos de carbono em uma cadeia linear (figura 4), além de um grupo ácido carboxílico, que está presente em óleos e gorduras animais e vegetais. Diz-se que é um ácido graxo saturado porque se liga ao maior número possível de átomos de hidrogênio (POCHTECA, 2022).

Figura 4 - Estrutura do ácido esteárico



(Da Poian,2009)

O Ácido Esteárico comercial é feito por separação e hidrogenação de gorduras, e é normalmente uma mistura de Ácido Esteárico (C-18) e Ácido Palmítico (C-16). Ele é sólido à temperatura ambiente, tem um caráter gorduroso e é um dos Ácidos Graxos saturados mais comumente encontrados na natureza. Ele é usado na produção de velas, surfactantes e álcoois graxos. Além disso, ele tem diversas aplicações nos setores de borracha, lubrificantes e têxtil, bem como na produção de ceras EBS, aminas graxas e produtos químicos para a fabricação de papel (BAERLOCHER, 2022).

O ácido esteárico, ou ácido octadecanóico de acordo com a IUPAC ( $C_{17}H_{35}CO_2H$ ), é um ácido graxo saturado cujo nome vem da palavra grega  $\sigma\tau\acute{\epsilon}\alpha\rho$  “stéar”, que significa sebo. Sendo o ácido graxo mais abundante na natureza após o palmítico. Este ácido também é conhecido como estearina. É uma matéria-prima barata por sua abundância na natureza e, por ser totalmente inócua, torna-se um produto amplamente utilizado em cosméticos, farmácia,

plásticos, sabonetes e muitas outras indústrias. É obtido através da hidrólise de diferentes óleos e gorduras vegetais e animais (ADPLAST, 2022).

Pode ser aplicado na produção do bioplástico adicionando entre 0,3-1,0% de ácido esteárico atuando como um lubrificante sólido, permanecendo estável em altas temperaturas e melhorando suas características, como a homogeneidade do produto, pontos de alta temperatura, consumo energético e economia de matéria prima, além de agir como antioxidante (ADPLAST, 2022).

### **3.5. Produção do Biofilme**

Com o avançar da sociedade, o consumo de embalagens se tornou cada vez mais massivo, tendo a necessidade, hoje em dia, de buscar formas alternativas para a produção de embalagens que impactem menos no meio ambiente. Foi com base nesse pensamento, que cientistas começaram a desenvolver o bioplástico, sendo ele, o plástico elaborado a partir de matéria renovável (RODRIGUES, 2015).

Pode ser considerado um bioplástico, qualquer plástico biodegradável ou elaborado a partir de uma fonte renovável, como amido, óleo, gorduras vegetais, etc (ROMEIRA, 2019).

Os biofilmes produzidos a partir do amido, apesar de suas vantagens, possuem algumas restrições, como, baixa resistência à umidade do ar, tendo assim suas propriedades comprometidas, e sua fraca propriedade mecânica, sendo estes os principais problemas para sua aplicação (SILVA, 2011).

A aplicação do amido na produção de filmes se baseia nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis e na sua capacidade para formar filmes (ROMEIRA, 2019).

Pela sua linearidade, as moléculas de amilose do amido em solução tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente e formando ligações de hidrogênio entre hidroxilas de cadeia adjacentes. Resultando assim, na redução da afinidade do polímero por água, favorecendo a formação de pastas opacas e filmes resistentes (ROMEIRA, 2019).

O processo de elaboração do biofilme a partir do amido consiste na destruição da estrutura organizada do grânulo nativo do amido. Esta desestruturação ocorre através do método “casting”, que consiste na solubilização do amido em um solvente e aplicação sobre um suporte para evaporação de solvente e consequente formação de uma matriz contínua que dá origem aos filmes (RODRIGUES, 2015).

O início da solubilização é chamado de gelatinização e ocorre quando suspensões de amido são dissolvidas em excesso de água aquecida. Este processo promove a perda da ordem

molecular, devido à quebra das ligações de hidrogênio responsáveis pela cristalinidade do polímero (BRITO, 2011).

Em seguida é feita a adição do aditivo antioxidante, para conferir ao biofilme resistência a oxidação e mecânica, como a temperatura de decomposição é menor que as temperaturas de fusão e transição vítrea, faz-se necessário adicionar um agente plasticizante para que o seu ponto de fusão e o de transição vítrea diminua, atribuindo também flexibilidade ao polímero, permitindo que o processo de aquecimento ocorra em temperaturas que não degradem o amido (RODRIGUES, 2015).

Na sequência, procede-se a retrogradação da mistura com a gelatinização da amilose solubilizada, promovendo uma separação das fases sólida e aquosa. A fase aquosa evapora, formando uma película rígida, transparente, brilhante e resistente (BARNABÉ, 2020).

Na desidratação da mistura por secagem, as cadeias poliméricas se reorganizem por meio da formação de ligações de hidrogênio, dando origem ao biofilme (BARNABÉ, 2020).

A estrutura cristalina dos filmes de amido, e conseqüentemente, as propriedades mecânicas e de barreira, são fortemente influenciadas pelas condições de secagem destes (ROMEIRA, 2019).

### **3.6. Ensaios Físicos e químicos de Qualidade dos Biopolímeros**

A importância dos ensaios é principalmente para a averiguação de suas propriedades, análises de risco, análise de possíveis falhas, verificação do comportamento do material sob condições de trabalho, entre muitas outras características. Estes podem ser divididos em Ensaios mecânicos e Ensaios não destrutivos (FURLAN, 2019).

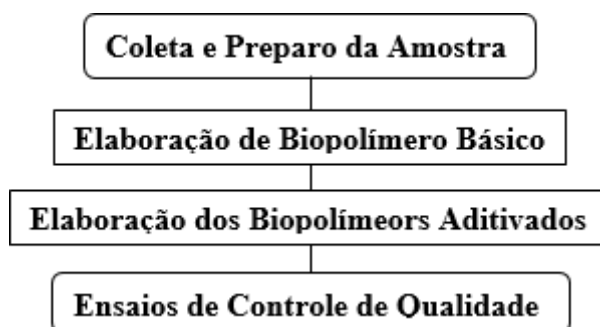
Ensaios físicos acabam sendo considerados ensaios mecânicos, o que sabemos que é muito mais além disso, é apenas uma maneira muito resumida de falar e apesar dos ensaios físicos também abrangerem os ensaios mecânicos, estes são uma classe composta de diversos outros testes, testes de diferentes naturezas, que vão muito além dos ensaios de propriedades mecânicas, sendo capazes de colher uma gama de informações muito maior sobre os materiais (AFINKO POLIMEROS, 2019).

Os ensaios químicos são aqueles capazes de nos dar informações estruturais e de composição do material. É comum aplicar os ensaios químicos principalmente quando se trata de uma situação de reconhecimento e mapeamento de um material ainda desconhecido, além de seus componentes, da sua conformação química, bem como da presença de aditivos e impurezas, qualitativamente e quantitativamente (AFINKO POLIMEROS, 2019).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades experimentais foram realizadas no laboratório da ETEC Trajano Camargo, sob a supervisão da Prof. Dra. Gislaíne Aparecida Barana Delbianco e Prof. Dr. Ricardo Francischette Jacob, baseadas no trabalho de Barnabé (2020), conforme fluxograma (figura 5).

Figura 5 - Atividades experimentais de elaboração do biopolímeros.



(Elaborado pelos autores 2022.)

Esta metodologia baseia-se no método de “casting”, no qual é feita a solubilização do amido em solventes, seguida da aplicação deste sobre um suporte para evaporação e consequente formação de uma matriz contínua que dá origem aos filmes.

### 4.1. Preparo da Amostra

As batatas foram lavadas e cortadas em pedaços de aproximadamente 1cmx1cm, até atingir 100 g. Colocou-se em um béquer de 250 mL e adicionou-se 100 mL de água destilada. Utilizando um mixer ou liquidificador triturou-se a batata, despejou-se o líquido sobre uma peneira de poliésteres e coletou-se o filtrado em um béquer até atingir o volume de 1 L, voltou-se a pasta que estava na peneira para o béquer onde ocorreu a trituração e repetiu o processo mais duas vezes.

Foi deixado a mistura do filtrado no béquer em repouso por alguns minutos. Transferiu-se o sobrenadante para o béquer de descarte e deixou-se o amido depositado no fundo, adicionou-se cerca de 100 mL de água destilada, misturou-se e deixou-se em repouso até decantar e retirou-se o sobrenadante para descarte, o resíduo gerado foi utilizado para a rega de plantas, trazendo muitos benefícios para elas.

## 4.2. Elaboração do Biopolímero Básico

Foi adicionado 5 g da suspensão de amido, junto de 30 mL de água destilada em um béquer de 100 mL e aquecidos até 60°C, mantendo-se agitação constante por 15 minutos. O início da solubilização é chamado de gelificação e ocorre quando suspensões de amido são dissolvidas em excesso de água aquecida. Em seguida, foram preparados amostra com diferentes formulações (tabela 1), de estearato de sódio, de HCl 0,1 Mol/L, de glicerina, e xantana.

Após o aquecimento adicionou solução de NaOH o suficiente para neutralizar a mistura e testar o pH a cada adição.

O gel obtido foi disposto em recipiente adequado e colocado para secar no sol por 1 semana, a fim de ocorrer a retrogradação da mistura com a gelificação da amilose solubilizada, promovendo uma separação das fases sólida e aquosa.

Tabela 1 - Formulações dos biopolímeros aditivados.

	<b>Padrão</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Amido %</b>	11,1	9,8	9,3	8,6	10,2	9,4	9,4	8,7
<b>Ácido esteárico %</b>	-	3,9	3,7	-	-	3,8	7,5	-
<b>HCl 0,1M %</b>	13,3	-	-	15,5	-	-	-	9,4
<b>Xantana %</b>	-	-	4,7	-	-	-	-	4,3
<b>Glicerina %</b>	8,8	7,8	7,5	6,9	8,2	11,3	7,5	6,9
<b>Água %</b>	66,6	78,4	74,8	69	81,6	75,5	75,6	68,6

(Elaborado pelos autores, 2022.)

## 4.3. Ensaio de Controle de Qualidade

### 4.3.1. Teste de Resistência

Para poder verificar os aspectos mecânicos, com o auxílio de suportes e garras, pesos de 1g foram presos ao bioplástico e adicionados até o material se partir para examinar sua resistência mecânica e, por meio de um paquímetro, foi verificada sua espessura.

### 4.3.2. Teste de Solubilidade

Para o teste de solubilidade foi realizada uma análise da perda de massa de cada biofilme após 24 horas submerso em água pura e água com solução de NaCl 3% m/m.



Foram cortados pedaços de 2 cm x 2 cm de cada amostra, essas amostras foram pesadas e deixadas em um recipiente contendo cada uma das substâncias.

Em seguida, os fragmentos de bioplásticos foram retirados dos recipientes, secados superficialmente e pesados novamente, após essa segunda pesagem, as amostras foram colocadas em estufa a 60°C por 10 minutos, para uma secagem completa e posteriormente determinação do peso de massa seca e cálculo do percentual de solubilidade.

#### **4.3.3 Teste de Biodegradação**

Para obter a taxa de biodegradação dos bioplásticos, foram separados fragmentos de 2 cm x 2 cm de cada formulação, as amostras foram pesadas e colocadas em um recipiente adequado, preenchido por solo e então foram incubadas por 18 dias. Em seguida, as amostras foram retiradas e pesadas, para a determinação do peso após degradadas e cálculo do percentual de biodegradação.

#### **4.4.4. Teste de Resistência à Temperatura**

Todas as amostras de bioplásticos foram colocadas em placas de Petri, e submetidas ao aquecimento em estufa, em diferentes temperaturas (30, 40, 60 e 80°C) por 30 minutos para verificar como os biopolímeros reagem em diferentes temperatura

## 5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

### 5.1. Preparo da Amostra

Para preparar o amido utilizamos a batata, depois de produzido pelas primeiras vezes percebemos que ele não tem uma durabilidade alta quando conservado em local ambiente, por isso cada dia que produzíamos novas formulações de bioplásticos, fazíamos um novo material polimérico, que consiste na trituração da batata, logo após é peneirado a massa formada (Figura 6) e então filtrada e deixada em repouso para a decantação do amido (Figura 7). Para melhor aproveitamento do tempo em aula preparávamos o mesmo em casa, fazendo um revezamento entre o grupo.

Figura 6- Peneirando a massa de batata.

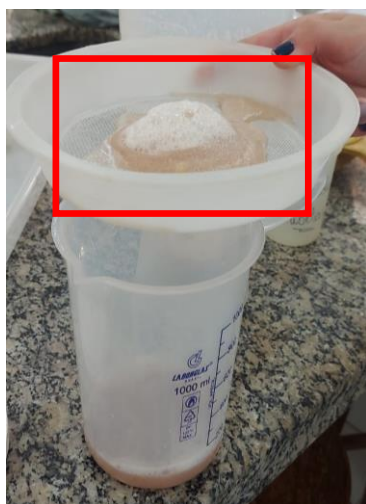
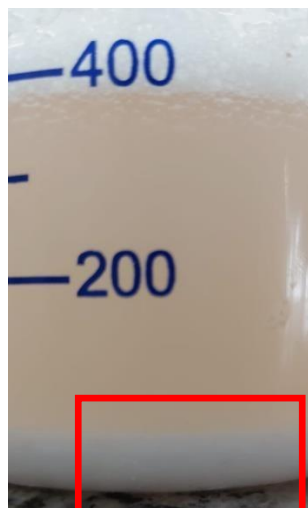


Figura 7 - decantação do amido



### 5.2. Elaboração dos Biopolímeros

#### 5.2.1. Biopolímero padrão

Esta Formulação foi composta por 11,1% de amido, 13,3% de HCl, 8,8% de glicerina e 66,6% de água, o líquido obtido foi disposto em recipiente adequado para que fosse levado para casa, pois na estufa da escola não obteve bons resultados na secagem, sendo esse processo de secagem muito importante para ocorrer a gelificação, na qual ocorre devido a desidratação da mistura por secagem, fazendo com que as cadeias poliméricas se reorganizem por meio da formação de ligações de hidrogênio, dando origem ao biofilme, esse processo levou em torno de 1 semana para finalizar.

Essa formulação foi realizada duas vezes, na primeira, como dito anteriormente a secagem do biopolímero não ocorreu de forma satisfatória, ainda apresentando níveis de umidade altos, devido a isso ocorreu o crescimento de fungos ao decorrer do tempo (Figura 8)

De acordo com Bader e Goritz, a estrutura cristalina dos filmes de amido, e conseqüentemente, as propriedades mecânicas e de barreira, são fortemente influenciadas pelas condições de secagem destes, então tendo em vista que esta formulação padrão estava muito líquida, acarretando problemas em sua retrogradação e assim comprometendo suas propriedades mecânicas, reduzindo-se a quantidade de água de anteriormente 40 ml para 30 ml, e conseqüentemente conseguimos um biofilme com resultados mais satisfatórios, apesar de apresentar uma textura pegajosa e algumas rachaduras, obteve um resultado melhor comparado a primeira tentativa (Figura 9).

Figura 8- Primeira formulação padrão.



Figura 9- Última formulação padrão.



### 5.2.2. Formulação 1

Esta formulação foi composta por 9,8% de amido, 3,9% de ácido esteárico, 7,8% de glicerina e 78,4% de água. O líquido obtido foi disposto em uma placa de petri e levado para a estufa a 60°C por cerca de uma semana, mas de forma descontínua, a estufa foi ligada apenas em momentos em que havia um responsável. Os resultados não foram como o esperado, teve problemas com a espessura do bioplástico, sendo este muito fino, quebradiço e com alta maleabilidade, sem nenhuma resistência (Figura 10).

Figura 10- Biopolímero da formulação 1.



### 5.2.3. Formulação 2

Esta formulação foi composta por 9,3% de amido, 3,7% de ácido esteárico, 4,7% de xantana, 7,5% de glicerina e 74,8% de água. Essa Formulação apresentou com uma característica mais consistente, com maior viscosidade, se assemelhando a um gel, então foi dispostos em uma placa de petri e levamos até a estufa a 60°C, mas houve complicações na hora da secagem, devido a problemas na estufa, pois a mesma estava sendo utilizada por outros grupos em temperaturas diferentes da adequada, então decidimos fazer novamente a formulação e levar para secar em casa.

Na segunda tentativa, com o gel obtido foi colocado em recipiente adequado para que então fosse levado para casa e a secagem ser realizada, demorando 1 semana para finalizar a retrogradação do polímero. Os resultados aparentes foram bons, um biofilme com uma espessura um pouco mais fino comparado as outras formulações, mas sem rachaduras e com uma boa maleabilidade (Figura 11 e 12).

Figura 11- Biopolímero da formulação 2.



Figura 12- Biopolímero da formulação 2.



#### 5.2.4. Formulação 3

Composta de 8,6% de amido, 15,5% de HCl, 6,9% de glicerina e 69% de água. Essa formulação obteve uma textura mais líquida e menos denso que outras formulações, foi disposto em um recipiente adequado e levado para casa, ficando por 1 semana tomando sol diariamente, não houveram complicações quanto a secagem nessa formulação. Nessa composição o resultado da aparência foi muito bom, ficou homogêneo e com textura lisa e sem ranhuras, porém em bora tenha tido um bom desempenho na hora de retirar o bioplástico do recipiente formou-se uma rachadura ao meio, o que ocasionou no bioplástico de repartir em dois. Mostrando então que essa formulação não aparenta ter uma boa resistência, sendo seu principal ponto forte a aparência, que é característica de um plástico (Figura 13). Essa formulação foi produzida duas vezes, pois na primeira não obtive bons resultados, já que no momento que foi disposto sobre o recipiente ficou com a espessura fina, e após a secagem não foi possível remove-la sem partir em pequenos pedaços.

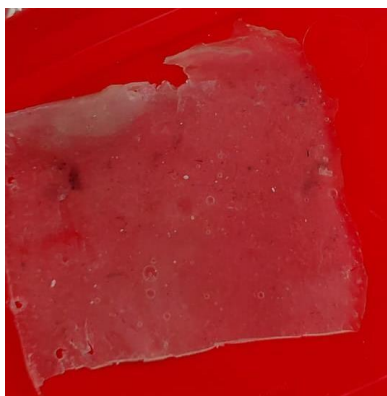
Figura 13- Biopolímero da formulação 3.



#### 5.2.5. Formulação 4

Esta formulação foi composta por 10,2% de amido, 8,2% de glicerina e 81% de água. O líquido obtido, foi disposto em um recipiente adequado e colocado ao sol, para que pudesse ocorrer a secagem. Sua textura mais líquida dificultou o processo de retrogradação do polímero, demorando cerca de 2 semanas para finalizar totalmente e tendo resultados atingidos de um biofilme com espessura mais fina, devido ao seu espalhamento mais que o desejado. Decorrendo em um bioplástico fino, com uma textura lisa e sem rachaduras (Figura 14).

Figura 14- Biopolímero da formulação 4



### 5.2.6. Formulação 5

Composta de 9,4% de amido, 3,8% de ácido esteárico, 11,3% de glicerina e 81,6% de água. Sua textura de gel e muito aerada, foi disposta em um recipiente adequado e colocado ao sol para o processo de secagem, durante 1 semana. O resultado obtido foi homogêneo, maleável, com uma espessura boa, porém o biofilme ao todo não estando com uma espessura proporcional e nem com uma uniformização adequada, havendo ondulações pelo corpo do bioplástico, por conta da textura mais gelatinosa que se formou. Mostrando com uma resistência mediana, possuindo pequenas rachaduras (Figura 15).

Figura 15- Biopolímero da formulação 5



### 5.2.7. Formulação 6

Foi composto por 9,4% de amido, 7,5% de ácido esteárico, 7,5% de glicerina e 68,6% de água. Essa formulação situou-se com uma textura mais aerada e foi disposto em um recipiente adequado e colocado ao sol, para que pudesse haver o processo da secagem. Ficou cerca de 1 semana no sol diariamente. Os resultados foram um biofilme com uma espessura mais grossa e também não estando com uma proporcionalidade na espessura ao todo do bioplástico, nem com uma uniformização adequada, contendo um crispamento no biofilme (Figura 16). Não houve rachaduras, mostrando apresentar uma boa resistência.

Figura 16- Biopolímero da formulação 6



### 5.2.8. Formulação 7

Composta de 8,7% de amido, 9,4% de ácido esteárico, 4,3% de xantana, 6,9% de glicerina e 68,6% de água. O gel obtido foi disposto em recipiente adequado e colocado ao sol, para ocorrer o processo de secagem. Essa formulação foi realizada duas vezes, na primeira tentativa não houve uma secagem adequada, pois o lugar não era bem iluminado pelo sol, dificultando a retrogradação, ocasionando no crescimento de colônias de fungos esverdeados, a textura ficou com relevos e nada maleável (Figura 17).

Na segunda preparação, obteve-se melhores resultados, o local havia iluminação do sol diariamente, o que adquiriu corretamente o processo da secagem. O resultado foi uma espessura mais grossa, e sem uniformização proporcional ao todo biofilme (figura 18).

Figura 17 - Primeiro biopolímero da formulação 7    Figura 18 - Segundo biopolímero da formulação 7



## 5.3. Ensaio de Controle de Qualidade

### 5.3.1. Teste de Resistência

Tabela 2 - Espessura dos biopolímeros.

Formulações	Padrão	F. 2	F. 3	F. 4	F. 5	F. 6	F. 7
Espessuras (cm)	0,09	0,02	0,065	0,045	0,1	0,16	0,14

(Elaborado pelos autores, 2022)

A espessura dos biopolímeros foi medida utilizando o paquímetro.

Tabela 3 - Peso suportado pelos biopolímeros.

Formulações	Padrão	F. 2	F. 3	F. 4	F. 5	F. 6	F. 7
<b>Peso suportado (g)</b>	20	23	13	23	23	23	23

(Elaborado pelos autores, 2022)

A formulação 3 rompeu ao colocar 13 g sobre ela.

A formulação padrão apresentou rachaduras leves ao colocar pesos equivalentes a 20 g, assim como a formulação 4 ao atingir o peso máximo de 23 g.

As formulações 2, 5, 6 e 7 resistiram ao peso máximo de 23 g sem apresentarem rachaduras, mostrando ótimos resultados, em particular a formulação 2, por apresentar a menos espessura entre os biopolímeros, já as formulações 5, 6 e 7 apresentavam as maiores espessuras, já sendo esperado a resistência ao peso de 23 g.

### 5.3.2. Teste de Biodegradação

Tabela 4 - Biodegradação dos biopolímeros.

Formulações	Padrão	F. 2	F. 3	F. 4	F. 5	F. 6	F. 7
<b>Massa inicial (g)</b>	0,438	0,151	0,430	0,451	0,982	0,870	0,856
<b>Massa após a biodegradação (g)</b>	-	0,078	0,330	0,179	0,508	0,565	0,918
<b>Taxa de biodegradação (%)</b>	-	48	23	60,3	48,3	35	-

(Elaborado pelos autores, 2022)

Para a pesagem após a biodegradação foi retirado ao máximo o solo aderido ao biopolímero, porém ainda houve resquícios que podem interferir na pesagem, por isso as massas pesadas correspondem a massa do biopolímero mais a massa do solo que permaneceu aderido a eles, por isso pode haver uma imprecisão na taxa de biodegradação, sendo ela maior do que foi calculado.

A formulação padrão não foi encontrada no recipiente em que estava durante a biodegradação, podendo concluir que se degradou e partiu-se em fragmentos pequenos.

As formulações 2, 3, 4, 5 e 6 apresentaram bons resultados, sendo suas taxas de biodegradação respectivamente 48%, 23%, 60,3%, 48,3% e 35%, assim concluindo que a formulação 4 apresentou os melhores resultados, tendo mais da metade de sua massa degradada, seguida das formulações 2 e 5, que degradaram quase metade de suas massas, e as formulações 3 e 6, que mesmo tendo perdido pouca massa em comparação as demais formulações, ainda são bons resultados tendo em vista os polímeros sintéticos.



Por fim, a formulação 7 apresentou o pior resultado, tendo taxas de biodegradação baixíssimas, porém não foi possível calcular com exatidão essa taxa, pois a massa do biopolímero após a biodegradação, somada da massa de solo aderido foi superior à massa inicial.

### 5.3.3. Teste de Solubilidade

O procedimento foi realizado conforme a metodologia, porém as amostras foram retiradas antes das 24 horas programadas.

Como pode ser visto na tabela abaixo, as formulações padrão e 3, obtiveram bons resultados em relação a solubilidade, a padrão tendo solubilizado 18% de sua massa total, o que diverge do trabalho de Barnabé que usamos como referência, pois a formulação padrão apresentou um dos maiores índices de solubilidade em seu trabalho e a formulação 3 tendo solubilizado 10% de sua massa total, as formulações 2 e 7 obtiveram os piores resultados, por conta das propriedades da emulsão da xantana houve uma maior reação com água fazendo eles solubilizar, impossibilitando a pesagem. Comparando os resultados com o nosso trabalho referencial, a formulação 7 também apresentou alta taxa de solubilidade, a formulação 4 aparentemente apresentaria bons resultados, assim como apresentou no trabalho de Barnabé, porém devido a secagem na estufa a 60 °C, a amostra fundiu, por fim as formulações 5 e 6, apresentaram bons resultados, se mantiveram consistentes após o contato com a água, porém apresentaram uma difícil secagem, se mantendo úmido mesmo após ir para a estufa, por isso, os valores de solubilidade não puderam ser calculados.

Tabela 5 - Solubilidade dos biopolímeros em água pura e em solução salina 3%

	Formulações	Padrão	F. 2	F. 3	F. 4	F. 5	F. 6	F. 7
Água pura	Massa inicial gramas	0,4569	0,2446	0,4226	0,2253	0,8635	0,5934	0,4905
NaCl 3%		0,5218	0,1372	0,4692	0,3071	0,7423	0,6347	0,4681
Água pura	Massa após 24 h na água g	0,468	Solbilizou	0,443	0,296	1,062	0,935	Solbilizou
NaCl 3%		0,515	Solbilizou	0,527	0,394	0,902	0,877	Solbilizou
Água pura	Massa após secagem na estufa g	0,371	-	0,377	Fundiu	0,909	0,844	-
NaCl 3%		0,375	-	0,326	Fundiu	0,650	0,738	-

Água pura	Massa de água absorvida g	0,097	-	0,066	-	-
NaCl 3%		0,14	-	0,201	-	0,252
Água pura	Massa perdida g	0,086	-	0,046	-	-
NaCl 3%		0,147	-	0,143	-	0,092
Água pura	Taxa de solubilidade %	18	-	10	-	-
NaCl 3%		28	-	30	-	12

(Elaborado pelos autores, 2022)

Segundo nossas observações, as formulações padrão e 3 obtiveram resultados bons novamente, tendo suas taxas de solubilidade de 28% e 30%, respectivamente, assim como a formulação 5, que desta vez secou de forma mais eficiente, possibilitando o cálculo da solubilidade, obtendo assim, uma taxa de 12% de solubilidade, como visto anteriormente, as formulações 2 e 7 não apresentaram bons resultados de novo, sendo solubilizadas na água, a formulação 4 derreteu na estufa e a formulação 6 não secou totalmente, impossibilitando a análise da perda de massa.

Figura 19 - Biopolímero da formulação 2 após as 24 horas na água.



Figura 20 - Biopolímero da formulação 7 após 24 horas na água.



### 5.3.4. Teste de Resistência à Temperatura

Tabela 6 - Tabela de resistência a temperatura.

AMOSTRA	30°C (33,6°C)	40°C (média de aprox. 42°C)	60°C (aprox. 58°C)	80°C
<b>FP</b>	DESIDRATAÇÃO, ENRUGAR	COLORAÇÃO MAIS OPACA	HOUE MAIS ENRUGAÇÃO	MANTEVE OS PARÂMETROS ANTERIORES
<b>F2</b>	NÃO HOUE ALTERAÇÃO	NÃO HOUE ALTERAÇÃO	HOUE DESIDRATAÇÃO (LEVE)	MANTEVE OS PARÂMETROS ANTERIORES
<b>F3</b>	DESIDRATAÇÃO	SE MANTEVE DESIDRATADO, NÃO HOUE ALTERAÇÕES	DESIDRATADO E MAIS RÍGIDO	MANTEVE OS PARÂMETROS ANTERIORES
<b>F4</b>	NÃO HOUE ALTERAÇÃO	DESIDRATAÇÃO	HOUE RACHADURA	MANTEVE OS PARÂMETROS ANTERIORES
<b>F5</b>	NÃO HOUE ALTERAÇÃO	COMEÇOU A DETERIORAR (LEVE)	HOUE RACHADURA, DETERIORAÇÃO (LEVE)	COMEÇOU A FUNDIR (ASPECTO MELOSO)
<b>F6</b>	DESIDRATAÇÃO, COMEÇOU A DETERIORAR (LEVE)	AUMENTO DE ENRUGAÇÃO, DETERIORAÇÃO SE MANTEVE A MESMA	ENRUGAÇÃO E DETERIORAÇÃO SE MANTEVE O MESMO	COMEÇOU A FUNDIR (ASPECTO MELOSO)
<b>F7</b>	NÃO HOUE ALTERAÇÃO	COMEÇANDO A DETERIORAR (LEVE)	HOUE RACHADURA (LEVE)	FUNDIÇÃO (LEVE)

(Elaborado pelos autores, 2022)

As formulações 2 e 3 tiveram melhor desempenho sofrendo apenas desidratação a temperaturas mais elevadas, as formulações 4, 5 e 7 racharam quando a temperatura ultrapassou

60° C e quando a temperatura chegou a 80° C nas formulações 5, 6 e 7 ocorreu fundição leve, na formulação padrão e na 1 ocorreu enrugação.

O teste precisou ser realizado fora da escola, em um campus da faculdade Usp em Piracicaba, chamado ESALQ (Escola superior de agronomia Luis de Queiroz) onde conseguimos uma estufa que pudesse nos proporcionar as condições favoráveis para a realização do teste, como temperatura e disponibilidade no tempo necessário para realização do teste sem precisarmos fazer pausas durante o processo.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos foi observa-se uma alta crescente no consumo do polímero sintético e a dependência que estamos criando, sem pensar no seu ônus ao meio ambiente. Pode-se observar que o plástico é um dos principais poluentes do nosso planeta, notamos sua dificuldade de decomposição, levando séculos para sua degradação.

Visando reduzir esses danos, decidimos estudar mais sobre os bioplásticos, sua composição, preparação e seus aditivos, sendo ele uma solução sustentável e eficaz para o combate ao excesso de plásticos descartados e a grande dependência do petróleo que enfrentamos atualmente e que vem crescendo cada vez mais.

Os biopolímeros são materiais produzidos de fontes renováveis, com propriedades físicas e químicas semelhantes às do polímero comum, porém com a grande vantagem do processo de degradação ser muito mais rápido que nos plásticos comuns. Os aditivos poliméricos são compostos químicos adicionados no processo como componentes auxiliares, com a finalidade de melhorar e atribuir novas propriedades ao polímero.

Realizou-se a produção do amido em casa, esse amido foi extraído da batata e então a partir disso foi formado o bioplástico aditivado, onde o maior empecilho em grande parte foi na secagem onde não havia uma estufa adequada em nossa disponibilidade pelo tempo necessário, conseguiu-se nos adaptar e encontrar modo para que a secagem fosse realizada.

Em relação aos testes nota-se que as formulações 2 e 4 tiveram um destaque em cada um deles realizados, tendo um melhor desenvolvimento e empenho quanto no processo de fabricação e secagem quanto a resistência as condições proporcionadas em cada teste. O teste de resistência a temperatura foi realizado no Esalq para realizarmos o teste de maneira mais adequada, já que necessitávamos de uma estufa com uma temperatura mais baixa que a mínima atingida pela da escola.

Gostamos bastante de estudar sobre os bioplásticos e os aditivos poliméricos, os resultados finais apresentaram pontos positivos e negativos, cada uma sendo adequada para diferentes finalidades. Para trabalhos futuros, sugerimos mais estudos sobre diferentes aditivos, como: retardante de chama, modificadores de impacto, corantes, estabilizadores e entre outros, para então haver uma melhor resistência.

## REFERÊNCIAS

Adplast. “Ácido Esteárico para Tintas e Cosméticos.” 2022. Disponível em: <https://www.adplast.pt/> Acesso em: 14 de outubro de 2022.

AFINKO POLIMEROS, VOCÊ SABE PARA QUE SERVE OS ENSAIOS FISICO QUIMICOS? 2019. Disponível em: <https://afinkopolimeros.com.br> Acesso em 02 de abril de 2022.

Afinko Polímeros. “O que é aditivacão ?” 2020. Disponível em: <https://afinkopolimeros.com.br/o-que-e-aditivacao/> Acesso em 02 de março de 2022.

AKCELRUD, Leni. Fundamentos da ciência dos polímeros. 1. Ed. Barueri, SP: Manole, 2007.

ALMEIDA, G. S. G.; SOUZA, W. B. engenharia dos polímeros: tipos de aditivos, propriedades e aplicações. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2015.

Aranda. “Crescimento do mercado global de bioplásticos” 2020. Disponível em: <https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/1380-Crescimento-do-mercado-global-de-bioplasticos.html> Acesso em 02 de março de 2022.

Barnabé, B. P., Fernandes, B. S., Lopes, G. B., de Assis Otoni, G. K., & Gonçalves, S. M. Produção de Bioplástico a partir da Casca de Batata. In Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre.

Bearlocher, “Ácido esteárico”. 2022. Disponível em: <https://www.baerlocher.com.br> Acesso em: 14 de outubro de 2022.

Blog SENAC. “6 informações chocantes sobre o plástico no meio ambiente; “2021””. Disponível em: <https://www.blogsenacsp.com.br/plastico-no-meio-ambiente/> Acesso em 02 de março de 2022.

BRESSANIN, Helton Rodrigo. Bioplásticos a partir de amidos. Orientador: Mary Leiva de Faria. 2010. 56 f. TCC (Graduação) – Curso de Química Industrial, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, São Paulo, 2010.

BORGES, Caroline Dellinghausen; VENDRUSCOLO, Claire Tondo. Goma Xantana: características e condições operacionais de produção. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, 2008.

CARDOSO, Valéria Maria de Oliveira Cardoso. Síntese e caracterização de hidrogéis de amido retrogradado e goma gelana utilizados como matriz em sistemas de liberação colônica específica de fármacos. 2014. 198 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2014.

CONSELHO FEDERAL DA QUÍMICA, Leis, disponível em <http://cfq.org.br/leis/> Acesso em 02 de abril de 2022.

CORRADINI, E.; AGNELLI, J. A. M.; MATTOSO, L. H. C. Amido termoplástico. Embrapa Instrumentação. 2007. Disponível em: [www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc). Acesso em: 02 de abril de 2022.

Correia, Keila Souza. “PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO À BASE DE AMIDO DE JACA (*Artocarpusheterophyllus* Lam) E ÓLEO DE PALMA (*Elaeisguineensis* Jaquim).” 2016. Tese de Mestrado – Engenharia e Ciência de Alimentos. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2019. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2019/07/KEILA-SOUZA-CORREIA.pdf> Acesso em: 03 de Abril de 2022.

DA SILVA, Juliana Guitierrez. “POLPA DE FIBRA DE BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE POLÍMEROS DE BIOPLÁSTICO.” 2018. Dissertação (mestrado) – Universidade de Taubaté, pós-graduação em Ciências Ambientais, Taubaté, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/3454/1/Juliana%20Gutierrez%20da%20Silva.pdf> Acesso em: 04 de abril de 2022.

Estudo do Senado aponta necessidade de leis para deter poluição por plásticos, Empresa de Consultoria Ambiental - Horizonte Ambiental. Disponível em: <https://horizonteambiental.com.br> Acesso em 03 de maio de 2022.

FURLAN, Luisa. Porque fazer e qual a importância dos ensaios mecânicos, disponível em: [www.eescjr.com.br](http://www.eescjr.com.br) Acesso em 02 de abril de 2022.

JACOB, Ricardo Francischetti. Estudo das propriedades das blendas de amido termoplástico e látex natural, 2006. 118p. Tese de Doutorado - Instituto de Química de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MENDES, Fernanda Miranda. Produção e caracterização de bioplásticos a partir de amido de batata. 2009. Tese de Doutorado-Físico-Química. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

NEVES, J. M., DE ALQUINO, L. B. L., VILMAR, L. S., ALMEIDA, N. G., DA SILVA, T. S. S. M., & DUARTE, T. K. C. (2013). Produção de bioplástico a partir da casca da batata (*solanumtuberosum*): o desenvolvimento de um protótipo interdisciplinar. Rio Grande do Sul.

PAULO, Heloisa Delgado. “Biopolímeros: uma alternativa favorável” Temas Atuais em Biologia, 2014. Disponível em: <http://www.temasbio.ufscar.br/?q=artigos/biopol%C3%ADmeros-uma-alternativa-favor%C3%A1vel> Acesso em 02 de março de 2022.



PEREIRA, Jéssica Mayara, E Plens, Ana Carolina. "PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DO AMIDO DA BATATA" CONICT - Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia (2020).

Pochteca, "Ácido esteárico". 2022. Disponível em: <https://brasil.pochteca.net> Acesso em: 14 de outubro de 2022.

RABELLO, M. S. Aditivção de polímeros. São Paulo: Artliber, 2000.

RODRIGUES, Kleber; LIMA, Matheus; GONZALES, Manuel; KRETZAMANN, Nélon. Produção de bioplástico a partir da casca da batata (*solanumtubersonum*). 2015. Disponível em: [https://www.uniritter.edu.br/files/sepesq/arquivos\\_trabalhos/3611/741/885.pdf](https://www.uniritter.edu.br/files/sepesq/arquivos_trabalhos/3611/741/885.pdf). Acesso em: 02 de abril de 2022.

ROMEIRA, Karoline Mansano. "DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE BIOPLÁSTICO OBTIDO A PARTIR DO AMIDO RESIDUAL PROVENIENTE DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE BATATA FRITA." 2019. Tese de Mestrado - Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP, Araraquara, 2019. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191222/romeira\\_km\\_me\\_arafcf\\_int.pdf?sequence=3](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191222/romeira_km_me_arafcf_int.pdf?sequence=3) Acesso em: 03 de Abril de 2022.

Senado notícias. "Estudo do Senado aponta necessidade de leis para deter poluição por plásticos." 2021. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2021/07/28/estudo-do-senado-aponta-necessidade-de-leis-para-deter-poluicao-por-plasticos> Acesso em 02 de março de 2022.

SILVA, G; Santos G.; Alves J.; Maria M; Pitz R. PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO DE MANDIOCA ADICIONADO DE ÁCIDO CÍTRICO. Disponível em: <https://quimica.arauari.ifc.edu.br/> Acesso em 29 de março de 2022.

SOUZA, L. A., Polímeros e poluição. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/polimeros-poluicao.htm> Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

SOUZA, L.A, Descoberta dos polímeros. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/descoberta-dos-polimeros.htm> Acesso em 02 de março de 2022.

SOUZA, T "Brasil aposta em futuro promissor para bioplástico". Disponível em: <https://anba.com.br/brasil-aposta-em-futuro-promissor-para-bioplastico/> Acesso em 22 de abril de 2022.

UNMÜßIG, B. "Poluição por plástico no planeta está perto do ponto de não retorno. Como vamos sair dessa?" Rede Brasil Atual, 2021. Disponível em: <https://www.redebrasilatual.com.br/blogs/blog-na-rede/2021/08/poluicao-plastico-perto-nao-retorno/> Acesso em 02 de março de 2022.