

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL - CENTRO
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA**

**AUGUSTO BODDENBERG PAES
BRUNA KAILANE DALPIAZ
EMANUELA DE LARA DE SOUZA
GUILHERME GALLIANI
LAURA DE MOURA NICOLETI
LINCOLN FERREIRA DE LIMA
RREIRA DE LIMA**

**Desenvolvimento e caracterização de biofilmes produzidos a partir de resíduos de
melancia (*Citrullus lanatus*)**

AUGUSTO BODDENBERG PAES
BRUNA KAILANE DALPIAZ
EMANUELA DE LARA DE SOUZA
GUILHERME GALLIANI
LAURA DE MOURA NICOLETI
LINCOLN FERREIRA DE LIMA

Desenvolvimento e caracterização de biofilmes produzidos a partir de resíduos de melancia (*Citrullus lanatus*)

Projeto de pesquisa desenvolvido no Programa Conectando Saberes do Curso Técnico em Química, 4ª fase, do Instituto Federal de Santa Catarina, câmpus Jaraguá do Sul – Centro, como integração entre as unidades curriculares e como eixo condutor à pesquisa.

Orientadora: Dr^a. Patricia Akemi Tuzimoto

Jaraguá do Sul
2026

SUMÁRIO

1 TEMA.....	3
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	3
3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
4 HIPÓTESES.....	3
5 OBJETIVOS.....	4
5.1 OBJETIVO GERAL.....	4
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
6 JUSTIFICATIVA.....	4
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
7.1 A MELANCIA E O POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE SEUS RESÍDUOS.....	6
7.2 BIOFILMES.....	8
7.2.1 Celulose e sua aplicação na produção de biofilmes.....	9
8 METODOLOGIA.....	10
8.1 COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	11
8.2 EXTRAÇÃO DA CELULOSE DA CASCA DA MELANCIA.....	11
8.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DAS SEMENTES DE MELANCIA.....	12
8.4. FORMULAÇÃO DOS BIOFILMES.....	12
8.5 CARACTERIZAÇÃO DOS BIOFILMES.....	14
8.5.1 Absorção de água por imersão.....	14
8.5.2 Determinação do teor de umidade.....	14
8.5.3 Caracterização da celulose.....	14
8.5.4 Biodegradabilidade qualitativa.....	15
8.5.5 Atividade antimicrobiana.....	15
9 CRONOGRAMA.....	16
REFERÊNCIAS.....	18
ANEXO A - Composição química da melancia.....	21
ANEXO B - Composição nutricional da melancia.....	22

1 TEMA

Produção de biofilmes a partir dos resíduos da melancia.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Extração de óleo das sementes de melancia, bem como o aproveitamento dos resíduos da casca, para a produção de biofilmes.

3 PROBLEMA DE PESQUISA

A melancia é majoritariamente composta pela polpa, além da casca e das sementes, mesmo sendo de fato comestíveis, grande parte dos resíduos gerados deixam de ser devidamente aproveitados, cujo excesso é frequentemente descartado sem ter uma destinação diferente do lixo comum. Considerando esses aspectos, de que modo o reaproveitamento desses resíduos, compostos por polímeros da casca e de óleos da semente da melancia, pode ser viável para utilização eficiente dos resíduos na elaboração de um biofilme?

4 HIPÓTESES

1. Será possível produzir biofilmes biodegradáveis a partir da combinação de amido de milho, celulose extraída da casca da melancia e óleo obtido das sementes da melancia.
2. A incorporação do óleo extraído das sementes da melancia influencia as propriedades físico-químicas dos biofilmes, especialmente o comportamento frente à absorção de água
3. A celulose extraída da casca da melancia poderá ser incorporada à matriz de amido, contribuindo para a composição dos biofilmes produzidos.
4. Os biofilmes produzidos serão biodegradáveis quando submetidos ao teste de degradação em solo úmido.

5 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram definidos com o propósito de orientar as etapas da pesquisa, contemplando desde o aproveitamento dos resíduos da melancia até a produção e caracterização dos biofilmes biodegradáveis obtidos a partir desses materiais.

5.1 OBJETIVO GERAL

Extrair o óleo das sementes da melancia e aproveitar celulose contida na casca para produção de biofilmes.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aproveitar os resíduos da melancia como matéria prima para a produção de biofilmes;
- Investigar o potencial da celulose extraída da casca da melancia como componente da matriz dos biofilmes;
- Analisar e investigar a influência do óleo obtido das sementes de melancia nas propriedades dos biofilmes produzidos;
- Desenvolver biofilmes à base de amido incorporado com a celulose e o óleo extraídos da melancia;
- Avaliar as propriedades físico-químicas dos biofilmes por meio de testes de absorção de umidade, espectroscopia de absorção no infravermelho da celulose e dos filmes e biodegradabilidade qualitativa;
- Verificar a atividade antimicrobiana dos biofilmes frente a *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus epidermidis*.

6 JUSTIFICATIVA

A melancia é uma das frutas mais cultivadas no Brasil, Grangeiro & Cecílio Filho (2004 *apud* Andrade, 2005, p. 837) afirmam que, “A quantidade de melancia produzida no Brasil ocupa o quarto lugar dentre as olerícolas, que têm produção anual em torno de 12,5 milhões

de toneladas. As regiões Sul e Nordeste são as principais produtoras, destacando-se os estados do Rio Grande do Sul e Bahia.”, mostrando a enorme influência da melancia no mercado mundial e como o redirecionamento dos resíduos teriam impacto significativo na sociedade brasileira.

Visto que, a melancia possui uma massa considerável de resíduos se comparados com sua massa total, cujo os resíduos (casca e sementes) são ricos em celulose, chegando a ter cerca de 17% e 8% do material seco da casca, respectivamente. Além disso, Costa (2017) afirma que a parte não comestível que corresponde a 53% do fruto, do qual 43,7% são cascas, tais condições potencializam sua extração. tal concentração de celulose se mostra significativa, já que, é um componente essencial na fabricação de biofilmes, produto importantíssimo na área da saúde, e além disso, ele é muito utilizado na hora de tratar resíduos, particularmente no tratamento de águas residuais têxteis de modo a adsorver partículas pesadas , segundo Silva:

Os resíduos líquidos caracterizam-se por conter alta concentração de corantes naturais e sintéticos, que podem conter metais pesados, além de elevada DBO e sólidos totais (Almeida *et al.*, 2016). Além disso, possuem baixos níveis de degradação, apresentando assim grande potencial de poluição, principalmente dos mananciais, pois as suas características químicas lhe conferem grande estabilidade, tornando-os muito persistentes no meio ambiente. (Silva, 2017)

Portanto, essas não são as únicas características da melancia, a mesma possui uma grande quantidade de licopeno em seu fruto, composto que possui características antioxidantes, Juma (2004,) determina que o licopeno se trata de um dos materiais mais antioxidantes, que pode-se prevenir a carcinogênese e aterogênese, protegendo moléculas como lípidos, lipoproteínas de baixa densidade (LDL), proteínas e DNA. Apesar de não se tratar do foco atual da nossa pesquisa, a extração do licopeno, possibilita uma possível pesquisa futura mais aprofundada. E não é possível deixar de considerar outros possíveis resíduos fora do fruto gerados pelo plantio que podem ser também explorados mais profundamente.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho busca apresentar conceitos e informações relacionadas à melancia e ao potencial de aproveitamento de seus resíduos na produção de biofilmes. Dessa forma, serão abordadas as características gerais do fruto, a geração de resíduos provenientes de sua cadeia produtiva e os compostos presentes na casca e nas sementes, como a celulose, a pectina e os lipídios. Além disso, serão discutidos os biofilmes, suas propriedades e aplicações, destacando sua importância como alternativa sustentável e biodegradável frente aos materiais convencionais

7.1 A MELANCIA E O POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE SEUS RESÍDUOS

A melancia (*Citrullus lanatus*) tem origem africana e é um dos frutos mais consumidos entre as cucurbitáceas, sendo o Brasil o 4º maior produtor mundial, com milhões de toneladas produzidas anualmente e distribuídas principalmente nas regiões Nordeste e Sul (Costa, 2017; Menezes Filho, 2020). Com grande importância econômica, a melancia é também apreciada pelo sabor refrescante e pela versatilidade no consumo.

Em sua composição, tanto a polpa quanto às partes costumeiramente descartadas, como cascas e sementes, apresentam compostos de interesse para possíveis produções de biofilmes, incluindo carotenóides, fenóis totais, celulose, pectina e minerais (Menezes Filho, 2020; Souza *et al.*, 2021). Essa composição reforça o potencial da melancia não apenas como alimento, mas também como fonte de ingredientes funcionais e bioativos.

A composição química e nutricional da melancia é mostrada nos anexos A e B, resultados gerais sobre o fruto, colocados como tabelas retiradas do site da Embrapa, com os valores apresentados na tabela da composição química (anexo A) a melancia em sua maior parte é composta por água 92%, não sendo utilizada para o projeto, os outros compostos apresentados pela melancia com o maior parte da composição depois da água sendo os carboidratos com 7,20 g, proteínas com 0,60 g que não será usado pois a parte que será utilizada no projeto será os resíduos da melancia, lipídios com 0,40 g que serão usados sua propriedade antioxidante.

Os valores apresentados na tabela de composição nutricional (anexo B) fazem parte da melancia que será trabalhada, esses valores mostram que a pectina compõe ~0,95% uns dos

componentes principais para a produção do bioplástico, junto com a fibra ~1,4%, esses componentes que devem ser removidos ou controlados como o pH (5,35) e os açúcares em gerais: Frutose (~2,86%), Glicose (~1,80%), Sacarose (~2,07%), Açúcares totais (~6,73%) e redutores (~4,66%), fazem parte da polpa e podem enfraquecer bioplástico, os elementos a seguir são aditivos que podem ser usados para adicionar propriedade ao bioplástico são as proteínas (já citada) compondo 0,71% e o licopeno com 4,12 mg.

Além dos compostos presentes na polpa, os resíduos da melancia apresentam constituintes com potencial tecnológico para aplicação em materiais biodegradáveis. A casca possui elevadas concentrações de fibras estruturais, principalmente celulose, hemicelulose e pectina, componentes frequentemente utilizados na obtenção de filmes e biopolímeros. Já as sementes apresentam lipídios, proteínas e compostos antioxidantes, permitindo a obtenção de óleos com potencial aplicação como aditivos naturais em formulações poliméricas (Menezes Filho, 2020; Costa, 2017).

Embora a polpa seja a parte mais consumida da melancia, uma parcela significativa do fruto permanece sem aproveitamento após o consumo doméstico e o processamento alimentar. Cascas e sementes são frequentemente descartadas, apesar de apresentarem elevada concentração de fibras, compostos fenólicos, minerais e outros constituintes de interesse tecnológico (Costa, 2017; Souza *et al.*, 2021). Esse descarte reduz o aproveitamento integral do fruto e contribui para a geração de resíduos orgânicos que poderiam ser utilizados como matéria-prima em novos produtos de valor agregado.

Entre os resíduos gerados após o consumo da melancia, a casca destaca-se pela presença de celulose, hemicelulose e pectina, biopolímeros amplamente estudados para aplicações em materiais biodegradáveis. As sementes, por sua vez, apresentam compostos lipídicos que podem ser extraídos e empregados como aditivos naturais, contribuindo para alterações em propriedades como flexibilidade, resistência e atividade antioxidante dos materiais produzidos (Menezes Filho, 2020).

Menezes Filho (2020) demonstrou a obtenção de pectinas, farinhas e filmes biodegradáveis produzidos a partir de resíduos de melancia, evidenciando características físico-químicas e bioativas promissoras. Além disso, Souza *et al.* (2021) verificaram que a casca da melancia apresenta relevante capacidade antioxidante, reforçando seu potencial como fonte de compostos funcionais. Esses estudos indicam que os resíduos da melancia podem ser aproveitados na obtenção de materiais biodegradáveis e produtos de maior valor

agregado, reduzindo o descarte e ampliando o aproveitamento integral do fruto.

7.2 BIOFILMES

Os biofilmes são materiais formados a partir de biopolímeros naturais, como polissacarídeos, proteínas e lipídios, sendo considerados alternativas sustentáveis aos plásticos convencionais derivados do petróleo. Esses materiais possuem a capacidade de formar estruturas contínuas e homogêneas, conhecidas como filmes, que podem ser aplicadas principalmente na área de embalagens (Leite, Pinto Jr. e Silva, 2021).

Uma das principais características dos biofilmes é sua biodegradabilidade, ou seja, a capacidade de se decompor naturalmente no meio ambiente, reduzindo impactos ambientais. Além disso, apresentam propriedades como flexibilidade, transparência e resistência mecânica, que podem variar de acordo com a composição utilizada em sua produção. Em alguns casos, também podem atuar como barreiras contra gases e umidade, contribuindo para a conservação de alimentos (Oliveira Júnior e Bonomo, 2020).

Os biofilmes podem também ser obtidos a partir de diferentes fontes naturais, incluindo resíduos agroindustriais, o que torna sua produção ainda mais sustentável. A utilização desses resíduos contribui para a diminuição do desperdício de matéria-prima e para o desenvolvimento de tecnologias voltadas à economia circular (Souza *et al.*, 2022).

Além disso, os biofilmes têm potencial para serem incorporados com substâncias ativas, como agentes antimicrobianos e antioxidantes, ampliando suas funcionalidades. Essa característica é especialmente relevante na indústria alimentícia, pois permite o desenvolvimento de embalagens ativas que ajudam a prolongar a vida útil dos produtos e a garantir maior segurança alimentar (Leite, Pinto Jr. e Silva, 2021).

Outro ponto importante é que a produção de biofilmes pode apresentar menor impacto ambiental em comparação aos plásticos sintéticos, tanto na origem das matérias-primas quanto no descarte final. No entanto, desafios ainda existem, como a necessidade de melhorar propriedades mecânicas e de barreira, além da viabilidade econômica em larga escala, o que tem impulsionado pesquisas na área de ciência e tecnologia de materiais (Oliveira Júnior e Bonomo, 2020).

7.2.1 Celulose e sua aplicação na produção de biofilmes

A celulose é um polissacarídeo natural presente na parede celular das células vegetais, sendo responsável pela sustentação e resistência estrutural das plantas. Sua composição é baseada em cadeias lineares de glicose, organizadas de forma rígida e associadas a outros componentes, como hemicelulose e lignina, garantindo estabilidade às células vegetais (Klemm *et al.*, 2005).

No contexto da melancia, a celulose está concentrada principalmente na casca, que constitui a maior parte dos resíduos gerados após o consumo do fruto. Essa região é rica em fibras vegetais e polissacarídeos estruturais, sendo a celulose o principal componente responsável pela resistência e rigidez da parede celular. A casca da melancia apresenta grande potencial como matéria-prima na produção de biofilmes, uma vez que a celulose possui capacidade de formação de filmes, além de ser um material renovável, biodegradável e com propriedades mecânicas favoráveis para aplicações sustentáveis (Klemm *et al.*, 2005; Moon *et al.*, 2011).

Além da celulose, a casca também contém outros biopolímeros, como a hemicelulose, que contribuem para a formação da matriz do biofilme, auxiliando na coesão e estabilidade do material. Junto com isso, as sementes da melancia também desempenham um papel importante, pois são fontes de lipídios. A extração do óleo das sementes permite a obtenção de compostos que atuam como plastificantes, melhorando propriedades como flexibilidade e resistência do biofilme (Menezes Filho; Souza; Castro, 2019).

A celulose destaca-se entre os biopolímeros mais estudados para a produção de biofilmes devido às suas propriedades de biodegradabilidade, renovabilidade e capacidade de formação de estruturas resistentes. Além de fornecer suporte mecânico ao material, a celulose pode atuar em conjunto com outros componentes naturais, como hemicelulose, pectina e compostos lipídicos, contribuindo para a obtenção de filmes com maior estabilidade e desempenho. Estudos demonstram que a associação da celulose com aditivos naturais permite melhorar características importantes dos biofilmes, como resistência, flexibilidade e capacidade de conservação, ampliando seu potencial de aplicação em embalagens sustentáveis e em outros setores industriais (Klemm *et al.*, 2005; Moon *et al.*, 2011).

Os aditivos naturais obtidos a partir dos resíduos da melancia apresentam papel relevante no aprimoramento das propriedades dos biofilmes. A pectina presente na casca auxilia na formação da estrutura do material, enquanto os óleos vegetais das sementes podem atuar como plastificantes naturais, reduzindo a rigidez e aumentando a flexibilidade dos filmes produzidos. Além disso, compostos antioxidantes presentes nesses resíduos podem contribuir para a conservação de produtos embalados, reduzindo processos oxidativos e ampliando sua vida útil (Menezes Filho; Souza; Castro, 2019).

Dessa forma, o aproveitamento da casca e das sementes da melancia possibilita a utilização de um resíduo agroindustrial rico em biopolímeros naturais, favorecendo a produção de materiais biodegradáveis com potencial aplicação industrial (Menezes Filho *et al.*, 2019). Além da celulose, outros compostos presentes nesses resíduos, como hemicelulose, pectina e óleos vegetais, podem contribuir para a melhoria das propriedades dos biofilmes produzidos. Essa combinação favorece a obtenção de materiais com maior resistência mecânica, flexibilidade e estabilidade, características essenciais para aplicações em embalagens sustentáveis. Assim o reaproveitamento desses resíduos agrega valor a subprodutos agroindustriais e contribui para o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente mais sustentáveis e alinhadas aos princípios da economia circular.

8 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa será dividida em etapas, compreendendo a coleta e preparação das amostras de melancia, a extração da celulose da casca, a obtenção do óleo das sementes, a formulação dos biofilmes biodegradáveis e a realização de testes físico-químicos para caracterização dos materiais produzidos. Os procedimentos serão desenvolvidos no laboratório de Química do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul Centro, utilizando metodologias adaptadas de trabalhos científicos relacionados à produção de biofilmes biodegradáveis, extração de celulose vegetal e aproveitamento de resíduos agroindustriais.

8.1 COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As melancias utilizadas na pesquisa serão obtidas no comércio local de Jaraguá do Sul – SC. Inicialmente, os frutos serão higienizados em água corrente para remoção de impurezas superficiais. Em seguida, será realizada a separação manual da polpa, casca e sementes, conforme adaptação da metodologia descrita por Souza *et al.* (2021).

As cascas serão cortadas em pequenos fragmentos para facilitar os tratamentos posteriores e as sementes serão separadas para a extração do óleo. Todo o material será armazenado sob refrigeração até a realização dos experimentos, visando minimizar alterações físico-químicas e microbiológicas antes das etapas de processamento (Souza *et al.*, 2021).

Posteriormente, as cascas serão submetidas à secagem em estufa a 60 °C até a obtenção de massa constante, visando reduzir a umidade e favorecer os processos de extração e conservação das amostras. Após secagem, as cascas serão trituradas para obtenção de partículas menores e mais homogêneas, conforme a metodologia empregada por Souza *et al.* (2021).

8.2 EXTRAÇÃO DA CELULOSE DA CASCA DA MELANCIA

A extração da celulose será realizada a partir da casca da melancia utilizando metodologia adaptada de estudos sobre extração e purificação de fibras vegetais (Azevedo, 2022). Será realizado o processo de deslignificação utilizando solução aquosa de hidróxido de sódio 5%, permanecendo em repouso por sete dias para remoção parcial da lignina e de outros compostos presentes na estrutura vegetal (Azevedo, 2022).

Após a deslignificação, o material será lavado com água deionizada até atingir pH próximo da neutralidade. Posteriormente, será realizado o branqueamento utilizando solução composta por 50 mL de NaOH 5% e 8 mL de peróxido de hidrogênio 30%, permanecendo em repouso por sete dias e temperatura ambiente, visando obter fibras com maior concentração de celulose (Azevedo, 2022).

Ao final do processo, o material será novamente lavado até pH neutro e seco em estufa a 60 °C. Após a secagem, a massa de celulose obtida será triturada, determinada em balança analítica para cálculo de rendimento da extração e armazenada em recipientes limpos e esterilizados para posterior utilização na formulação dos biofilmes (Azevedo, 2022).

8.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DAS SEMENTES DE MELANCIA

A extração do óleo será realizada a partir das sementes de melancia previamente secas em estufa a 50 °C. Após a secagem, as sementes serão trituradas com auxílio de almofariz e pistilo ou moinho laboratorial (Souza *et al.*, 2021).

O óleo será extraído utilizando o método Soxhlet, devido à sua eficiência na extração de compostos lipídicos. Para o procedimento, a amostra triturada será acondicionada em cartucho de celulose e inserida no extrator Soxhlet. Será utilizado hexano como solvente devido à sua afinidade com compostos apolares presentes nas sementes (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O sistema permanecerá sob aquecimento, permitindo sucessivos ciclos de extração e recuperação dos compostos lipídicos presentes nas sementes. Após o procedimento, o solvente será removido utilizando rota-evaporador, obtendo-se o óleo das sementes de melancia. O material será quantificado e armazenado sob refrigeração em frascos âmbar até sua utilização (Instituto Adolfo Lutz, 2008; Souza *et al.*, 2021).

8.4. FORMULAÇÃO DOS BIOFILMES

A formulação dos biofilmes será baseada em metodologias utilizadas para produção de filmes biodegradáveis de amido incorporados com fibras vegetais e compostos bioativos (Pereira, Loiola e Silva, 2018; Jacobs *et al.*, 2020). Inicialmente será preparada uma solução filmogênica contendo 3 g de amido de milho, 200 mL de água deionizada e 0,9 g de glicerol como plastificante. A mistura será submetida à agitação e aquecimento em chapa aquecedora a aproximadamente 80 °C até completa gelatinização do amido e formação da matriz polimérica (Pereira, Loiola e Silva, 2018).

Após a formação da solução-base, serão produzidas diferentes formulações de biofilmes, variando a incorporação da celulose extraída da casca da melancia e do óleo obtido das sementes, com o objetivo de avaliar a influência desses compostos nas propriedades físicas e estruturais do material (Jacobs *et al.*, 2020).

Além da formulação convencional contendo amido e glicerol, serão realizados testes experimentais com incorporação da celulose extraída da casca do óleo extraído das sementes da melancia. Considerando que a celulose obtida após os tratamentos químicos apresenta potencial aplicação como agente de reforço em matrizes poliméricas a que compostos

lipídicos presentes nas sementes pode influenciar características como flexibilidade e comportamento frente à água, diferentes formulações serão preparadas e comparadas experimentalmente (Garuti *et al.*, 2024; Oliveira Júnior e Bonomo, 2020).

As formulações previstas para o estudo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Formulações propostas para os biofilmes biodegradáveis.

Formulação	Amido (g)	Glicerol (g)	Água (mL)	Celulose (% em relação ao amido)	Óleo (% em relação ao amido)
F0	3,0	0,9	200	0	0
F1	3,0	0,9	200	2,5	0
F2	3,0	0,9	200	5,0	0
F3	3,0	0,9	200	5,0	1,0
F4	3,0	0,9	200	5,0	3,0

Elaborado pelos autores (2026).

As diferentes formulações serão preparadas sob aquecimento e agitação constante até a obtenção de misturas homogêneas. A celulose será incorporada gradualmente à solução filmogênica durante o processo de aquecimento, enquanto o óleo será adicionado após a gelatinização do amido, mantendo-se a agitação constante para favorecer sua dispersão na matriz polimérica (Jacobs *et al.*, 2020).

Posteriormente, as soluções serão vertidas em placas de vidro previamente higienizadas e mantidas em estufa a aproximadamente 35 °C até completa secagem. Após secos, os biofilmes serão desmoldados e armazenados em recipientes fechados para posterior caracterização físico-química (Jacobs *et al.*, 2020). Também será avaliada, em caráter experimental, a possibilidade de substituição parcial do glicerol pelo óleo extraído das sementes da melancia, visando investigar sua influência sobre flexibilidade, homogeneidade e estabilidade dos biofilmes produzidos (Oliveira Júnior e Bonomo, 2020).

8.5 CARACTERIZAÇÃO DOS BIOFILMES

Os biofilmes produzidos serão submetidos a testes físico-químicos com o objetivo de avaliar suas propriedades estruturais, absorção de umidade, comportamento frente à água e potencial biodegradável.

8.5.1 Absorção de água por imersão

O teste de absorção de água será realizado para avaliar a capacidade de absorção de água dos biofilmes. As amostras serão cortadas em tamanhos padronizados e inicialmente pesadas em balança analítica para determinação da massa inicial. Posteriormente, os fragmentos serão imersos em água deionizada por 2 minutos à temperatura ambiente. Após o tempo de imersão, as amostras serão retiradas, secas superficialmente com papel absorvente e novamente pesadas para obtenção da massa final, conforme adaptação da metodologia descrita por Jacobs *et al.* (2020). O percentual de absorção será calculado a partir da variação de massa das amostras antes e após a imersão.

8.5.2 Determinação do teor de umidade

Para determinação da absorção de umidade, os biofilmes serão previamente pesados em balança analítica e submetidos à secagem em estufa a 105 °C até a massa constante. A porcentagem de umidade será determinada a partir da diferença entre a massa inicial e final das amostras (Instituto Adolfo Lutz, 2008; Jacobs *et al.*, 2020).

8.5.3 Caracterização da celulose

A celulose extraída da casca da melancia será caracterizada por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier utilizando acessório de refletância total atenuada (FTIR/UATR). As análises serão realizadas na faixa espectral de 4000 a 400 cm^{-1} , com 16

varreduras por amostra, conforme metodologias empregadas para caracterização de materiais celulósicos e biofilmes biodegradáveis (Santos *et al.*, 2024; Garuti *et al.*, 2024).

Os espectros obtidos serão comparados entre as diferentes formulações produzidas com dados da literatura científica, permitindo avaliar possíveis alterações estruturais decorrentes da incorporação da celulose extraída da casca do óleo obtido das sementes da melancia (Garuti *et al.*, 2024).

8.5.4 Biodegradabilidade qualitativa

O teste de biodegradabilidade será realizado de forma qualitativa utilizando amostras dos biofilmes enterradas em solo úmido, acondicionado em recipientes plásticos mantidos em temperatura ambiente. As amostras permaneceram enterradas durante 30 dias, sendo avaliadas semanalmente durante a exposição ao solo. Serão avaliados visualmente ao longo do experimento quanto à perda de integridade estrutural, alteração de textura, presença de rachaduras e sinais de decomposição. Os resultados obtidos permitirão comparar o comportamento biodegradável das diferentes formulações produzidas, identificando quais composições apresentam maior potencial para aplicação como biofilmes biodegradáveis produzidos a partir de resíduos da melancia (Santos Constantino *et al.*, 2023; Jacobs *et al.*, 2020).

8.5.5 Atividade antimicrobiana

A atividade antimicrobiana dos biofilmes será avaliada pelo método de disco-difusão em ágar, com base nas metodologias descritas por Brandt *et al.* (2021) e Cavalieri *et al.* (2018). Serão avaliadas as diferentes formulações de biofilmes produzidas no presente estudo, incluindo a formulação controle, frente às bactérias *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus epidermidis*. A escolha desses microrganismos está relacionada à sua utilização em estudos de avaliação da atividade antimicrobiana de filmes e à sua associação com a formação de biofilmes bacterianos (Brandt *et al.*, 2021; Dodou, 2017).

Para a realização do ensaio, os biofilmes serão submetidos à avaliação microbiológica em meio de cultura apropriado para o crescimento bacteriano, utilizando-se o método de disco-difusão em ágar. As amostras dos biofilmes serão dispostas sobre o meio previamente inoculado com os microrganismos avaliados. Após o período de incubação definido conforme o protocolo microbiológico adotado pelo laboratório, será realizada a análise da formação de halos de inibição ao redor das amostras, conforme descrito por Brandt *et al.* (2021).

Os resultados serão obtidos pela observação e mensuração dos halos de inibição formados ao redor dos biofilmes, permitindo comparar a atividade antimicrobiana entre as diferentes formulações. A comparação entre as formulações possibilitará verificar se a incorporação da celulose extraída da casca e do óleo obtido das sementes de melancia está associada a alterações na atividade antimicrobiana dos biofilmes produzidos.

9 CRONOGRAMA

O Quadro 1 apresenta o cronograma com a distribuição das atividades previstas para o desenvolvimento da pesquisa durante o segundo semestre de 2026 e primeiro semestre de 2027.

Quadro 1 – Cronograma de atividades.

Período	2026.2						2027.1				
Atividades	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Coleta e preparação das amostras		X	X								
Extração da celulose da casca da melancia		X	X	X							
Extração do óleo das sementes da melancia		X	X	X							
Formulação dos biofilmes			X	X							
Caracterização dos biofilmes				X	X						
Organização e análise dos resultados				X	X						
Elaboração do relatório parcial		X	X	X	X	X					
Análise e comparação dos resultados com a literatura							X	X	X	X	
Elaboração e apresentação do artigo científico								X	X	X	

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, G. S. Bioplástico obtido de blendas de celulose e látex. 2022. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022.
- BRANDT, Patrícia Natalie et al. Atividade antimicrobiana de um biofilme de quitosana associado aos óleos essenciais de cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllus*) e orégano (*Origanum vulgare*). Mostra de Extensão, Ciência e Tecnologia da UNISC, 2021. O trabalho descreve a avaliação de biofilmes por disco-difusão e inclui *S. aureus* e *S. epidermidis*.
- CAVALIERI, Natália Furtado et al. Propriedades físicas e antimicrobianas de filmes biodegradáveis de amido e mel. *Cadernos de Agroecologia*, v. 13, n. 2, 2018. O estudo avalia filmes biodegradáveis de amido de milho e sua atividade antimicrobiana.
- COSTA, Adriana Barbosa. Compostos fenólicos, capacidade antioxidante e minerais em cascas de melancias ‘Manchester’ e ‘Smile’ provenientes de resíduos do processamento. 2017. 45 f. Tese (Doutorado em Nutrição Humana) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- COELHO, N. S. et al. Avaliação da biodegradação de filmes de amido de milho em solo. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 2008.
- DE ANDRADE JUNIOR, A. et al. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação 1. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/C7qrRGkKkRHv3PtSwYTyLjm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 jun. 2026
- DODOU, Hilania Valéria. Atividade antimicrobiana da violaceína sobre *Staphylococcus epidermidis*. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- GARUTI, G. L. et al. Nanocellulose reinforced starch biocomposite films via solvent casting. *Polímeros*, 2024.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- JACOBS, V. et al. Produção e caracterização de biofilmes de amido incorporados com polpa de acerola. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, v. 21, n. 3, p. 107-119, 2020.
- JUMA, N. et al. Lycopene as an antioxidant agent. **Rev. Nutr**, v. 17, n. 2, p. 227–236, 2004.
- KLEMM, Dieter; HEUBLEIN, Brigitte; FINK, Hans-Peter; BOHN, Andreas. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angewandte Chemie International Edition*, Weinheim, v. 44, n. 22, p. 3358–3393, 2005. DOI: 10.1002/anie.200460587. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/anie.200460587>. Acesso em: 8 jun. 2026

LEITE, Inacio de Sá; PINTO JR., Wilson Rodrigues; SILVA, Leonardo de Araújo. Biofilme a partir de gelatina e glicerol com a adição de íons de prata como agente antimicrobiano. *Latin American Journal of Energy Research*, Vitória, v. 6, n. 2, p. 1-11, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/lajer/article/view/27647>. Acesso em: 28 maio 2026.

LIMA, M. F.; QUEIROZ, M. A. de; SILVEIRA, L. M. da; DIAS, R. de C. S.; TERAPO, D.; REIS, A.; CASTRO, J. M. da C. e; SILVA, A. F. Composição química. In: LIMA, M. F. (Ed.). **Cultivo da Melancia**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. (Sistemas de Produção, 4). Disponível em: http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelancia/quimica.htm. Acesso em: 25 abr. 2026.

MENEZES FILHO, Antonio Carlos Pereira de. Farinhas, pectinas e filmes biodegradáveis obtidos de resíduos de melancia: propriedades físico-químicas, tecnológicas, bioativas, degradabilidade e morfologia. 2020. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2020.

MOON, Robert J.; MARTINI, Ashlie; NAIRN, John; SIMONSEN, John; YOUNGBLOOD, Jeffrey. Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. *Chemical Society Reviews*, Cambridge, v. 40, n. 7, p. 3941–3994, 2011. DOI: 10.1039/C0CS00108B. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C0CS00108B>. Acesso em: 8 jun. 2026.

OLIVEIRA JÚNIOR, Silvio Santos; BONOMO, Renata Cristina Ferreira. Interações intermoleculares em soluções filmogênicas e desenvolvimento de filmes biodegradáveis incorporados com óleos essenciais. Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UESB, Vitória da Conquista, 2020. Disponível em: <https://anais2.uesb.br/index.php/semicit/article/view/5612>. Acesso em: 28 maio 2026.

PEREIRA, E. J.; LOIOLA, S. S. N.; SILVA, S. N. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis de amido de milho. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2018. Anais [...]. Santana do Livramento: UNIPAMPA, 2018.

SANTOS, E. C. et al. Raw cellulosic fibers: characterization and classification by ATR-FTIR. 2024.

SANTOS CONSTANTINO, P. et al. Avaliação da biodegradabilidade de filmes à base de amido em solo. *Meio Ambiente Brasil*, 2023.

SILVA, W. L. Tratamento de águas residuais da indústria têxtil com membrana cerâmica de baixo custo utilizando resíduos agroindustriais: preparação, caracterização e avaliação. **Ufcg.edu.br**, 2017.

SOUZA, Marcelo Eduardo Alves Olinda de; GOMES, Milena da Rocha; ALBUQUERQUE JUNIOR, Nailton de Macedo; CANDEIAS, Vitória Maria Souza; LIMA, Débora Andrade; VILAR, Silvana Belém de Oliveira; SILVA, Ana Beatriz Martins da. Influência de diferentes técnicas de extração sobre a capacidade antioxidante da casca de melancia desidratada. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 13, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21333>. Acesso em: 27 maio 2026.

SOUZA, M. E. A. O. et al. Influência de diferentes técnicas de extração sobre a capacidade antioxidante da casca de melancia desidratada. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, e323101321333, 2021.

SOUZA, Renan Rogério Oliveira de et al. Study of biodegradation of Poly(butylene adipate co-terephthalate) (PBAT) with exotic basil essential oil in anaerobic sludge. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/31682>. Acesso em: 28 maio 2026.

ANEXO A - Composição química da melancia

Água (%)	92,00
Carboidratos (g)	7,20
Proteína (g)	0,60
Lípidios (g)	0,40
Cálcio (mg)	8,10
Fósforo (mg)	8,90
Potássio (mg)	116,00
Ferro (mg)	0,20
Sódio (mg)	2,00
Vitamina A (UI)	365,10
Tiamina (mg) (B1)	0,08
Riboflavina (mg) (B2)	0,04
Niacina (mg) (B5)	0,20
Ácido ascórbico (mg) (C)	9,50
Valor energético (cal)	32,10

Fonte: Embrapa (2006).

ANEXO B - Composição nutricional da melancia

Umidade (%)	90,79 ± 0,02
Frutose (%)	2,86 ± 0,12
Glucose (%)	1,80 ± 0,03
Sacarose (%)	2,07 ± 0,04
Açúcares totais (%)	6,73
Açúcares redutores (%)	4,66
Cinzas (%)	0,30 ± 0,01
Proteínas (%)*	0,71 ± 0,0
Lipídeos (%)	0,036 ± 0,004
Fibra (%)	0,14 ± 0,003
Pectina (%)**	0,0095 ± 0,0005
Acidez total ***	14,6 ± 0,08
Sólidos solúveis	9,4 ± 0,03
pH	5,35 ± 0,02
Licopeno (mg)	4,12 ± 0,09
Calorias	30,08

Fonte: Embrapa (2006).