INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – IF GOIANO - *CÂMPUS* RIO VERDE
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA
Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural – Rio Verde - GO
CEP: 75.901-970. Fones: (64) 3620-5643. Fax: (64) 3620-5640

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS A BASE DE AMIDO INCORPORADOS COM ÓLEO ESSENCIAL DE ARAÇÁ-ROXO

Lemuel Miqueias Alves da Silva

RIO VERDE – GO
Julho – 2024

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – IF GOIANO - *CÂMPUS* RIO VERDE
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA
Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural – Rio Verde - GO
CEP: 75.901-970. Fones: (64) 3620-5643. Fax: (64) 3620-5640

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS A BASE DE AMIDO INCORPORADOS COM ÓLEO ESSENCIAL DE ARAÇÁ-ROXO

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Química do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química, sob orientação do Prof. Dr. Jáliston Júlio Lopes Alves.

.

RIO VERDE – GO
Julho – 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Silva, Lemuel Miqueias Alves
S586o Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis a base de amido incorporados com óleo essencial de araçá-roxo / Lemuel Miqueias Alves Silva; orientador Jáliston Júlio Lopes Alves. -- Rio Verde, 2024.
21 f.

TCC (Bacharelado em Engenharia Química) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Polímeros,sustentabilidade. 2. Óleos voláteis. 3. Indústria alimentícia. 4. Alimentos seguros. I. Alves, Jáliston Júlio Lopes, orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
- ☐ Dissertação (mestrado)
- ☐ Monografia (especialização)
- ☑ TCC (graduação)
- ☐ Artigo científico
- ☐ Capítulo de livro
- ☐ Livro
- ☐ Trabalho apresentado em evento
- ☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor: Lemuel Miqueias Alves da Silva

Matrícula: 2020102203540082

Título do trabalho: Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis a base de amido incorporados com óleo essencial de araçá-roxo

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☑ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: ☐/☐/☐

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☐ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

• Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

• Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

• Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde - GO (Local) 11/09/2024 (Data)

Lemuel Miqueias Alves da Silva

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Regulamento de Trabalho de Curso (TC) – IF Goiano - Campus Rio Verde

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos seis dias do mês de agosto de dois mil e vinte e 2024, às 9 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Dr. Jáliston Júlio Lopes Alves (orientador), Prof. Dr. Rogério Favareto (membro interno) e Prof.ª Dr.ª Raphaela Gabri Bitencourt (membro interno), para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado "Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis à base de amido incorporado com óleo essencial de araçá-roxo" de LEMUEL MIQUÉIAS ALVES DA SILVA, estudante do curso de Engenharia Química do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula nº 2020102203540082. A palavra foi concedida ao(à) estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Mediador de TC.

Rio Verde, 06 de agosto de 2024.

Jáliston Júlio Lopes Alves

Membro da Banca Examinadora

Rogério Favareto

Membro da Banca Examinadora

Raphaela Gabri Bitencourt

Membro da Banca Examinadora

Observação:

Para o caso de REAPRESENTAÇÃO, tem-se no trecho final da Ata a seguinte redação:

“Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela REAPRESENTAÇÃO do TC. Desta forma, o estudante deve realizar correções e adequações no trabalho e apresentá-lo novamente em até XX dias, contados a partir de hoje (XX/XX/XXX). Nesta nova oportunidade, após avaliação da banca examinadora, o estudante poderá ser APROVADO ou REPROVADO, não havendo possibilidade de outra reapresentação. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Mediador de TC.”

Para o caso de REPROVAÇÃO, tem-se no trecho final da Ata a seguinte redação:

“Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela REPROVAÇÃO do(a) estudante. Desta forma, o estudante deverá realizar o desenvolvimento e defesa de novo TC no próximo semestre. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Mediador de TC.”

Documento assinado eletronicamente por:

- Jaliston Julio Lopes Alves, TECNICO EM AGROPECUARIA, em 07/08/2024 09:17:04.
- Rogerio Favareto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 07/08/2024 13:38:31.
- Raphaela Gabri Bitencourt, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 07/08/2024 14:29:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/08/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 619975
Código de Autenticação: 64a083e24c

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de expressar minha gratidão ao meu orientador, Dr. Jáliston Júlio Lopes, pela orientação, ensinamentos e apoio.

Aos meus pais, Cesar e Edivane, que constantemente me apoiaram e incentivaram a continuar.

Às minhas parceiras de jornada, Esther, Gabriella e Jullia, que compartilharam momentos de desafio e de alegria.

Thiago, meu companheiro, agradeço por todo o carinho e suporte nesse período.

A todos, de coração: obrigado!

Sumário

1 REVISÃO DE LITERATURA 8
1.1 Óleos Essenciais 8
2.2 Araçá-roxo 8
2.3 Fungo (*Rhizopus stolonifer*) 8
2.4 Oxidação 9
2.5 Filmes Biodegradáveis a Base de Amido de Mandioca 9
2 OBJETIVOS 10
2.1 Objetivo Geral 10
2.2 Objetivos Específicos 10
3 REFERÊNCIAS 11
Artigo: Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis a base de amido incorporados com óleo essencial de araçá-roxo 12

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Óleos Essenciais

Óleos essenciais são misturas complexas derivadas de diferentes partes de vegetais e tem papel de resistência e adaptação nos mesmos. Ao longo da história diversas são as aplicações das suas propriedades aromáticas, desde fabricação de produtos de perfumaria e limpeza até o uso de suas propriedades medicinais. Esse uso se baseia nas características antimicrobianas e antioxidantes, sendo alternativa de aditivo a proteção de alimentos, contando com um baixo risco a saúde humana, sendo proveniente de uma tecnologia limpa e com viabilidade econômica (BARBOSA *et al.*, 2019).

Barbosa *et al.* (2019) descrevem os bons resultados da incorporação de OEs em revestimento de frutas e hortaliças com altas propriedades de conservação e consideráveis aumento de tempo de prateleira em relação a materiais não tratados. Santos *et al.* (2018) obtiveram resultados de acréscimo de 15 dias em tempo de prateleira de maçãs, constando redução da atividade oxidante e ciclos fúngicos nesse período, sendo um exemplo de aumento de vida útil com a aplicação de revestimentos incorporados de óleos essenciais.

2.2 Araçá-roxo

O Araçá-roxo (*Psidium myrtoides* O. Berg) é uma espécie de árvore frutífera pertencente à família Myrtaceae, encontrada em várias regiões do país sendo valorizado por suas propriedades medicinais. Suas folhas e cascas são usadas em preparações medicinais para o tratamento de diversos problemas de saúde (FREITAS *et al*., 2020). Ele vem sendo utilizado para a extração de metabolitos secundários onde por cromatografia foram encontradas grandes concentrações de monoterpenos que são substancias que apontam atividade antifúngica, aumentando assim as aplicações e justificando algumas propriedades já pregadas no conhecimento popular da planta (MACEDO *et al*., 2020)

2.3 Fungo (*Rhizopus stolonifer*)

O *Rhizopus stolonifer* causador da podridão mole é um fungo filamentoso e saprófito, ou seja, ele se alimenta de matéria orgânica, sendo uma das principais causas de deterioração pós-colheita do tomate, podendo causar a deterioração do fruto em questão de dias (OLIVEIRA *et al*., 2019). Manchas escuras e moles na superfície do tamete são os sintomas da infecção que rapidamente se espalham pelo fruto, tornando-o impróprio para o consumo. Dessa forma, é importante o desenvolvimento de medidas para evitar a contaminação e a proliferação do fungo no período pós colheita, já que diversos são os fatores que podem contribuir para a proliferação

do patógeno e degradação do fruto e métodos de conservação devem ser aprimorados (TURQUETT *et al*., 2021)

2.4 Oxidação

O amadurecimento excessivo do tomate é um determinante principal em seu tempo de prateleira, no ponto onde há perda de características organolépticas, amolecimento do fruto e aumentando também a susceptibilidade de desenvolver novos patógenos. Essas problemáticas estão diretamente associadas às espécies reativas de oxigênio (EROs), que são agentes oxidantes, dessa forma, a aplicação de produtos antioxidantes estende efetivamente o tempo de comerciabilidade. Essas substâncias que protegem as células vegetais dos radicais livres que causam tamanho prejuízo são aplicados no período pós-colheita e busca-se proteções contra EROs que não causem contaminação ou alterações no sabor (ZHANG *et al.*, 2015).

2.5 Filmes Biodegradáveis a Base de Amido de Mandioca

O amido é um polímero que tem sua formação através de ligações de moléculas de glicose, sendo um matéria-prima com grande disponibilidade, preço e desempenho além de ser renovável. Uma propriedade importante para a formação de filmes que o amido possui é a gelatinização quando aquecido, possuindo título de termoplástico com a adição de uma substancia plastificante nesse processo (AZEVEDO *et al*., 2018). Como descrito por Lapa *et al*. (2020) um bom elemento para conferir as propriedades almejadas do filme é a glicerina que intensifica a flexibilidade e funcionalidade. Por meio de ligações de hidrogênio a mesma reage com o amido aumentando as forças intermoleculares.

A prolongação da vida útil de frutos é dada pela proteção contra umidade, gases e patógenos, melhorando as propriedades mecânicas e evidenciando percepções sensoriais. Estudos mostraram que os tomates cobertos com fécula de mandioca apresentaram retardo no amadurecimento, coloração mais acentuada e menor perda de peso em determinadas concentrações da solução de amido (MOHR *et al*., 2015). Os filmes biodegradáveis proporcionam conservação, favorecendo um aumento no tempo de prateleira e melhor aspecto visual diminuindo diretamente as perdas de mercadoria.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver filmes biodegradáveis a base de amido de mandioca incorporados com óleos essenciais de araçá-roxo e caracterizar suas propriedades químicas, físicas e biológicas, testando sua aplicabilidade.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os compostos químicos do óleo essencial de araçá-roxo, verificar sua atividade antioxidante, antifúngica e citotóxica;
- Produzir filmes biodegradáveis a base de amido e incorporar diversas concentrações de óleo essencial de araçá-roxo;
- Caracterizar as propriedades de degrabilidade do filme produzido em diferentes meios;

3 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L.C.; SÁ, A.S.C.; FUNGARO, D.A. Propriedades do amido e suas aplicações em biopolímeros. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, p. 351, 2018.

BARBOSA, H.D. et al. Óleos essenciais: aplicações em óleos comestíveis, frutas e revestimentos comestíveis demonstrando atividade antibacteriana e antifúngica. **XI Epcc**, 2019.

FREITAS, T.S.M. et al. Application of the Box–Behnken experimental design for the extraction of phenolic compounds from araçá-roxo (*Psidium myrtoides*). **Food Processing and Preservation**, n. 45, 2021.

LAPA, L.S.S.; SILVA, Y.R.O.; SALES, P. Aplicação das análises espectroscópicas e termogravimétricas em filmes biodegradáveis de amido de milho incorporados com extrato de própolis-verde. **Forscience**, v. 8, n. 2, p. 2-3, 2020.

MACEDO, D.G. et al. Seasonality influence on the Chemical composition and antifungal activity of *Psidium myrtoides* O. Berg. **South African Journal of Botany**, v.128, p. 9-17, 2020.

MOHR, L. C. et al. Estudo da concentração de fécula de mandioca na utilização em filmes biodegradáveis para o recobrimento de tomates. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, v. 1, n. 2, p. 3254-3261, 2015.

OLIVEIRA, J. et al. Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose. **International Journal of Food Microbiology**, n. 292, p. 150-158, 2019.

SANTOS, S.M. et al. Edible active coatings incorporated with Cinnamomum cassia and Myristica fragrans essential oils to improve shelf-life of minimally processed apples. **Ciência Rural**, v. 48, n. 12, p. 1-8, 2018.

TURQUETT, L.C.G.B. et al. Avaliação da cobertura comestível elaborada a partir de quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de morangos. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.3, p. 33153-33171, 2021.

ZHANG, Y. et al. Different ROS-Scavenging Properties of Flavonoids Determine Their Abilities to Extend Shelf Life of Tomato. **Plant Physiology**, v.169, n.3, p.1568-1563, 2015.

Artigo: Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis a base de amido incorporados com óleo essencial de araçá-roxo

Artigo submetido: 22 de julho de 2024.

Artigo submetido na Revista: REI Revista Eletrônica Interdisciplinar

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS A BASE DE AMIDO INCORPORADOS COM ÓLEO ESSENCIAL DE ARAÇÁ-ROXO

Lemuel Miqueias Alves da Silva[1]

Jáliston Júlio Lopes Alves[2]

Cássia Cristina Fernandes[3]

RESUMO

Eficiência e sustentabilidade são termos primordiais na produção de alimentos. Este trabalho então visa desenvolver filmes biodegradáveis à base de amido de mandioca incorporado com óleo essencial de araçá-roxo (*Psidium myrtoides* O. Berg). O objetivo é analisar as características físico-químicas do óleo essencial e incorporá-lo em filmes biodegradáveis para combater microrganismos fitopatogênicos e retardar a oxidação causada por espécies reativas de oxigênio (EROs), prolongando a vida útil de alimentos. O amido de mandioca foi escolhido pela sua capacidade filmogênica e o óleo essencial de araçá-roxo como aditivo por suas propriedades biológicas e antioxidantes. Os resultados mostraram que o óleo essencial inibiu o crescimento micelial de fungos em cerca de 40% e os atributos antioxidantes atingiram 80% na absorção do radical DPPH. A análise cromatográfica revelou os compostos terpênicos encontrados e responsáveis por tais efeitos sendo o *trans*-cariofileno e o α-humuleno. O filme mostrou-se biodegradável, se decompondo cerca de 65% em 72 h de contato com solo e 24 h em água, reforçando sua sustentabilidade.

Palavras-chave: Polímeros, sustentabilidade, Óleos voláteis, Industria alimentícia, Alimentos seguros.

ABSTRACT

Efficiency and sustainability are key terms in food production. This work aims to develop biodegradable films based on cassava starch incorporated with the essential oil of araçá-roxo (*Psidium myrtoides* O. Berg). The objective is to analyze the physicochemical characteristics of the essential oil and incorporate it into biodegradable films to combat phytopathogenic microorganisms and retard oxidation caused by reactive oxygen species (ROS), thereby prolonging the shelf life of food. Cassava starch was chosen for its film-forming ability, and the essential oil of araçá-roxo was selected as an additive for its biological and antioxidant properties. The results showed that the essential oil inhibited fungal mycelial growth by approximately 40%, and the antioxidant attributes reached 80% in DPPH radical absorption.

Chromatographic analysis revealed the terpenic compounds responsible for these effects, namely trans-caryophyllene and α-humulene. The film demonstrated biodegradability, decomposing by about 65% in 72 hours of soil contact and 24 hours in water, reinforcing its sustainability.

Keywords: Polymers, Sustainability, Volatile Oils, Food Industry, Safe Food.

1 INTRODUÇÃO

A busca pelo desenvolvimento de materiais poliméricos como uma alternativa ecológica que substitua plásticos sintéticos, que vem de fonte não renovável e com uma taxa de degrabilidade limitada, apresenta uma grande questão a ser resolvida para garantir a preservação ambiental e atender as necessidades das indústrias que necessitam de plástico, como a alimentícia em que as embalagens são essenciais (FRIEDRICHSEN et al., 2022).

As embalagens desenvolvem um papel fundamental na preservação dos alimentos, atuando como uma barreira de proteção contra reações químicas e contaminação por microrganismos, prevenindo também a perda de propriedades, como a umidade. Dessa forma diversas embalagens ativas estão sendo desenvolvidas globalmente, destacando-se os filmes de revestimento, assim como os sachês antimicrobianos e antioxidantes (BITTENCOURT et al., 2020).

Uma alternativa viável que cumpre com a necessidade de biodegrabilidade contribuindo para a preservação ambiental e que preza pela preservação física, química e qualitativa do produto, confeccionada a partir de uma matéria-prima com capacidade filmogênica, resistente e flexível após o tratamento plastificante, são os filmes a base de amido de mandioca (ALTMANN et al., 2018).

Essas embalagens primárias podem ser incorporadas com outros produtos ativos, como os óleos essenciais, que intensificam suas propriedades de proteção antimicrobiana e antioxidante, liberando substâncias com essas características em contato do alimento. (CARNEIRO et al., 2020).

Óleos essenciais (OEs) são substâncias orgânicas extraídas de diversas partes das plantas. São também definidos de forma geral como misturas complexas de compostos voláteis lipofílicos, comumente em estado líquido e odoríferos com diversas características e aplicações nas indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêutica, por

sua aromaticidade e atividades antipútridas, apresentando vantagens sustentáveis e viabilidade.

O araçá-roxo (*Psidium myrtoides* O. Berg) apresenta bom rendimento desses óleos voláteis, é uma importante árvore frutífera que faz parte da família Myrtaceae e pertencente ao domínio do cerrado. Ele vem sendo alvo de estudos pois possui componentes que potencialmente atuam na inibição de patógenos como o *Rhizopus stolonifer*, causador de uma das principais doenças que afetam a pós colheita de frutos reduzindo a produtividade, prejudicando o desenvolvimento econômico da comercialização do fruto e aumentando a demanda pelo desenvolvimento de medidas de controle (OLICÓN-HERNÁNDEZ et al., 2019).

Com base no exposto, esse trabalho tem como objetivo investigar o potencial das embalagens biodegradáveis derivadas de amido, particularmente de fontes de mandioca, como uma alternativa para a substituição de materiais plásticos de origem fóssil, caracterizando o óleo essencial como aditivo e os filmes produzidos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

O óleo volátil foi extraído das folhas do araçá-roxo colhidas no mês de janeiro de 2023 em locais de cerrado preservado de Rio Verde – GO (17° 48' 22.04" S, 50° 54' 0.52" O). A matéria-prima foi higienizada e seca em estufa Thoth Th-510-480 com circulação forçada de ar a 35 ºC por 24 horas. Em seguida a amostra foi reduzida em moinho de facas Fortinox Star FT 51 e extraiu-se o óleo essencial por meio de arraste a vapor com o uso do aparelho Clevenger conforme metodologia adaptada da Farmacopéia (2000). Separou-se a mistura obtida no funil de separação com lavagens de diclorometano, secos com sulfato de sódio anidro e guardados em frascos isolados em refrigeração.

2.1.1 Caracterização do óleo essencial

2.1.1.1 Cromatografia gasosa

A composição química foi identificada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) utilizando o modelo QP-2010 da marca Shimadzu Co. A separação dos componentes ocorreu em uma coluna DB5 com gás hélio como fase móvel. O programa de temperatura começou em 80 ºC, mantidos por 2 minutos, seguida de um aumento de 10 ºC/min até atingir 280 ºC,

sendo essa temperatura mantida por 5 minutos antes do resfriamento. O aquecedor auxiliar foi mantido a 280 ºC. Os constituintes do óleo essencial foram identificados e quantificados comparando seus tempos de retenção e espectros de fragmentação de massa com os padrões armazenados nos bancos de dados do espectrômetro (NIST05.LIB e NIST05s.LIB) e com dados presentes na literatura (GONÇALVES, 2019).

2.1.1.2 Avaliação de citotoxicidade

A avaliação da citotoxicidade foi realizada através do ensaio colorimétrico da resazurina segundo Riss et al. (2016). Para conduzir os experimentos, $1x10^4$ células foram semeadas em microplacas com 96 poços. As amostras foram inicialmente dissolvidas em dimetilsulfóxido (DMSO; Sigma-Aldrich) e depois diluídas em meio completo. Para avaliação na linhagem celular não tumoral, a concentração do óleo essencial de araçá-roxo variou de 19,53 a 2.500 $\mu g.mL^{-1}$. Para avaliação do potencial citotóxico em linhagens de células tumorais, a amostra foi testada em concentração entre 0,78 e 100 $\mu g.mL^{-1}$. Cada placa incluía poços para controles negativos (não tratados), solvente (1% DMSO) e positivos (25% DMSO). Após um período de incubação de 24 horas a 36,5 °C, o meio de cultura foi aspirado e as células foram lavadas com PBS (Solução Salina Tamponada com Fosfato) para remover os tratamentos antes de serem expostas a 80 µL de meio de cultura Ham's Nutrient Mixture F10 (HAM-F10) sem fenol vermelho (Sigma-Aldrich). Posteriormente, 20 µL de resazurina (0,15 mg/mL) foram adicionados a cada poço, seguido de nova incubação a 36,5 °C por 4 horas. A absorbância das amostras foi medida utilizando um leitor multiplacas (ELISA - Asys - UVM 340/MikroWin 2000) no comprimento de onda de 570 nm com comprimento de onda de referência de 600 nm. A análise de regressão não linear foi realizada utilizando o software GraphPad Prism para determinar a concentração de amostras que inibem 50% da viabilidade celular (IC_{50}, metade da concentração inibitória máxima).

2.1.1.3 Atividade antioxidante

A propriedade antioxidante foi medida através da extinção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) em 515nm através de um espectrofotômetro BEL UV-M51 de acordo com a metodologia adaptada de Rufino et al. (2007). A confecção de uma curva padrão de DPPH realizada com uma diluição seriada da solução estoque de 100 $\mu L.mL^{-1}$. Em metanol adicionou-se amostras do óleo essencial em triplicatas nas concentrações de 100; 50; 25; 12,5 e 6,25 $\mu L.mL^{-1}$. Acrescentando a solução metanólica 0,06 mM de DPPH na

proporção 1:1; repousando por 30 minutos em local escuro realizando a medição da absorbância do DPPH com agitações periódicas da amostra, expressando o resultado em porcentagem pela fórmula:

$$Inibição\ do\ radical\ DPPH(\%) = 1 - \frac{Absorbância\ controle}{Absorbância\ tratamento} * 100$$

Equação 1

2.1.1.4 Atividade antifúngica contra o *Rhizopus stolonifer*

A atividade antifúngica foi avaliada através do método de disco difusão em ágar. O OE foi diluído em água e tween 80 nas concentrações de 150, 75, 37,5 e 18,75 $\mu L.mL^{-1}$ e espalhado 250 µL da solução sobre a superfície do meio BDA em placas de Petri. Discos de 8mm contendo o fungo foi depositado no centro das placas e incubados por 7 dias a 21 ºC. Após a colônia fúngica ocupar toda a placa controle foi feito a aferição do halo de crescimento dos fungos nas concentrações de OE testados. Foram realizadas duas medições perpendiculares por toda extensão da colônia. Os testes foram realizados em quintuplicata conforme metodologia utilizada por Garcia et al. (2012). Os resultados foram expressos em porcentagem pela inibição do crescimento micelial (ICM) através da Equação 2:

$$ICM(\%) = \frac{(crescimento\ controle - crescimento\ tratamento)}{crescimento\ controle} * 100$$

Equação 2

2.2 PRODUÇÃO DOS FILMES

Foi realizada a diluição do amido de mandioca comercial (3%) em água destilada (p/v), acrescentando 30% de glicerol (p/p) em banho-maria para promover a gelatinização do amido em aproximadamente 70 ºC, que foi mantida por 10 minutos em agitador magnético. Submeteu-se então a mistura ao processo de resfriamento para se alcançar a temperatura de 40 ºC onde se incorporou o óleo essencial previamente obtido, com as proporções de 0,06 %, 0,125 % e 0,25% e 0,5 % (v/v) juntamente com o emulsificante, na mesma proporção, conforme descrito na Tabela 1. Foram então dispersos por 3 minutos em agitador magnético.

Verteu-se então a solução obtida em placas de Petry buscando uma espessura homogênea e em seguida as placas foram colocadas em uma estufa Thoth Th-510-480 de circulação forçada de ar a temperatura de 40 ºC por 24 horas, retirando da placa e colocando em outro recipiente lacrado e armazenando os filmes biodegradáveis a 4 ºC (GHASEMLOU et al., 2013).

Tabela 1. Concentrações dos componentes dos Filmes Biodegradáveis a base de amido incorporados com óleo essencial de araçá-roxo

Tratamento	Água destilada	Amido	Glicerol	Solução Emulsificante	Óleo Essencial
FAR-0	94%	3%	1%	2,00%	0,00%
FAR-0.0625	94%	3%	1%	1,94%	0,06%
FAR-0.125	94%	3%	1%	1,88%	0,12%
FAR-0.250	94%	3%	1%	1,75%	0,25%
FAR-0.500	94%	3%	1%	1,50%	0,50%

2.2.1 Caracterização dos filmes

2.2.1.1 Umidade

A umidade foi determinada conforme Turquett et al. (2021). Cortou-se cada filme em triplicatas de 2x2 cm, pesou-se em balança analítica, acondicionou-se por 24 h a 105 ºC em uma estufa de circulação forçada de ar. Após o tempo determinado, realizou -se a pesagem do material seco e a umidade foi calculada pela na seguinte equação:

$$Porcentagem\ de\ Umidade = \frac{massa\ inicial - massa\ final}{massa\ inicial} * 100$$

Equação 3

2.2.1.2 Solubilidade em água

Foram cortados discos de 4 cm^2 conforme metodologia de Lucena *et al*., (2017) fez-se a secagem do material em estuda a 105 ºC por 24 h. Em seguida as amostras foram imergidas em água destilada e agitadas em temperatura ambiente na mesa agitadora SL – 18/DT da marca Solab. Em seguida as amostras foram filtradas e secas novamente a 105 ºC determinando assim a massa da matéria seca que não solubilizou em água. A solubilidade em água foi determinada pela equação:

$$Solubilidade\ em\ água = \frac{massa\ inicial - massa\ final}{massa\ inicial} * 100$$

Equação 4

2.2.1.3 Biodegrabilidade

O ensaio de avaliação da biodegradabilidade foi conduzido utilizando solo coletado no município de Rio Verde – GO (17° 48' 18,66" S, 50° 54' 22,20" O) e consistiu em uma mistura de areia, terra e esterco. Os filmes de dimensão 2x2 cm foram devidamente identificados e colocados em béqueres de 250 mL contendo 200 g de solo seguindo uma adaptação do método de Mello et al., (2007). Estes foram posicionados a uma profundidade de 3 cm abaixo da superfície do solo, em uma câmara de B.O.D., mantida a uma temperatura de 30 ºC e umidade relativa de 99%, garantindo assim a constância da

umidade do solo. O experimento foi conduzido em triplicata e os filmes foram avaliados no intervalo de 72 horas. Nessa avaliação os filmes foram removidos utilizando um pincel para minimizar a presença de resíduos de solo e foram fotografados para posterior análise da área com o programa ImageJ (MELLO et al., 2007).

2.2.1.4 Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

A espectroscopia na região do infravermelho com Transformada de Fourier e reflectância difusa atenuada (FTIR) foi empregada para identificar os grupos funcionais presentes tanto no óleo essencial quanto nos filmes biodegradáveis sintetizados. Para isso, as amostras foram preparadas e analisadas utilizando um espectrofotômetro de infravermelho. As análises foram realizadas dentro de uma faixa espectral variando de 4000 a 400 cm^{-1}, com uma resolução de quatro cm^{-1} e 32 varreduras.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística compreendeu a observação do desvio padrão das médias das triplicatas. Foi realizada a análise de variância (ANOVA), pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), através do software Origin 2024.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL

3.1.1 Cromatografia Gasosa

O rendimento do óleo essencial foi de 0,15% (m/m) da massa verde. Os componentes identificados em maior concentração foram os hidrocarbonetos sesquiterpênicos, descrito como compostos de grande interesse para a pesquisa da química de produtos naturais devidos suas atividades biológicas uteis para o ser humano e sua diversidade estrutural (CHAPPELL et al., 2010). Desse grupo destacou-se o trans-cariofileno e o α-humuleno conforme mostra a Tabela 2, ambos popularmente encontrados em óleos essenciais de diferentes espécies e descritos na literatura com características anti-inflamatórias, antioxidantes e antimicrobianas como anteriormente já relatados, esses são de grande interesse médico e farmacêutico por ser encontrado em produtos naturais e apresentarem essas propriedades, levando ao desenvolvimento de novos produtos tanto para uso de tratamento animal quanto vegetal (SANTANA et al., 2024).

Tabela 2. Composição química do óleo essencial de araçá-roxo

Compound	**RT (min)**	**%RA**	**RI_{exp}**	**RI_{lit}**
(*E*)-3-hexen-1-ol	4.79	0.7	743	748
α-pinene	6.13	1.7	941	939
β-pinene	7.11	0.1	985	980
β-myrcene	7.39	0.1	997	991
limonene	8.47	0.2	1027	1031
cis-β-ocimene	8.72	0.1	1041	1039
linalool oxide trans	10.40	0.1	1089	1088
cis-β-terpineol	10.77	0.3	1142	1144
terpinene-4-ol	13.64	0.1	1180	1177
α-terpineol	14.17	0.2	1192	1189
α-cubebene	21.67	8.4	1348	1351
trans-caryophyllene	23.60	18.6	1424	1428
α-himachalene	24.12	3.9	1446	1447
α-humulene	24.91	17.6	1455	1455
γ-muurolene	25.62	1.8	1476	1477
β-selinene	25.98	2.0	1483	1485
β-bisabolene	26.94	5.8	1514	1509
δ-cadinene	27.54	3.7	1524	1524
selina-3.7(11)-diene	28.15	2.9	1538	1532
germacrene B	28.71	3.2	1640	1560
nerolidol	29.01	1.9	1670	1564
Caryophyllene oxide	29.69	4.4	1739	1581
Veridiflorol	30.36	0.5	1527	1590
humulene oxide II	30.62	2.0	1553	1608
Cubenol	31.32	3.4	1623	1641
α-Cadinol	32.27	4.6	1718	1653
5-isocedranol	32.87	2.3	1778	1674
α-bisabolol	33.44	6.0	1853	1683
Juniper camphor	33.77	0.8	1868	1691
Monoterpene hydrocarbons		2.2		
Oxygenated monoterpenes		0.7		
Sesquiterpene hydrocarbons		68.9		
Oxygenated sesquiterpenes		25.9		
Others		0.7		
Not identified		1.6		

3.1.2 Avaliação de Citotoxicidade

Tabela 3. Análise de Citotoxicidade contra diferentes células humanas

	IC_{50} (µg.mL^{-1})			
	GM07492A	**HeLa**	**MCF-7**	**U-251MG**
Óleo Essencial Araçá-roxo	59.71 ± 3.35	> 100	> 100	> 100

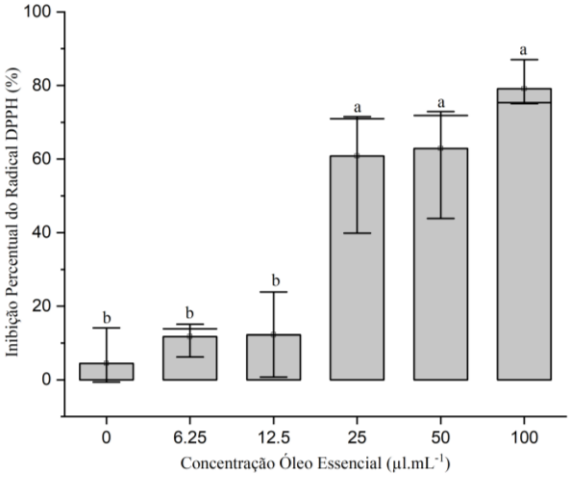
GM07492A - Human Fibroblast; **HeLa** - Human Cervical Adenocarcinoma; **MCF-7** - Human Breast Adenocarcinoma; **U-251MG** - Human Glioblastoma

Na análise do efeito do óleo essencial nas células humanas fibroblastos, observou-se que por volta da concentração de 60 µg.mL^{-1} ocorreu a inviabilização de 50% das células, o que demonstra uma citotoxidade aparente contra células humanas, podendo ser um desafio no uso desse composto para o desenvolvimento de produtos farmacêuticos para uso humano. Por outro lado, o teste contra células cancerígenas não obteve uma inibição satisfatória, demonstrando a necessidade de implemento de novos compostos ao óleo essencial ou novos testes e pesquisas para o uso com o fim de inviabilização do câncer humano (YAMAGUCHI et al., 2013).

3.1.3 Atividade Antioxidante

Ao determinar a concentração necessária para reduzir pela metade a atividade oxidante padrão (EC50), obteve-se 15,01 µL.mL^{-1}. Este valor é comparável

Figura 1. Inibição do Radical DPPH avaliado em relação à diferentes concentrações de óleo essencial de araçá-roxo.

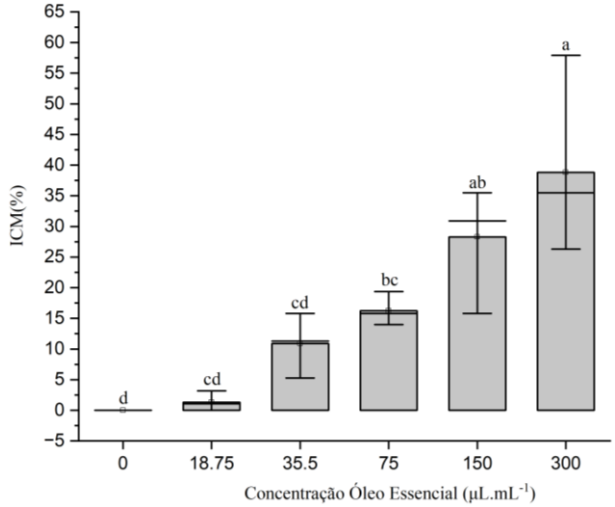


ao de outras fontes de compostos antioxidantes, apresentando similaridade com plantas reconhecidas por sua atividade inibitória de radicais livres, como *O. vulgare*, que possui um valor médio de EC50 de 14,00 µL.mL-1 (Silva *et al*., 2021). De acordo com a literatura, esta atividade antioxidante é atribuída aos compostos fenólicos identificados como o α-humulene que apresenta grandes propriedades antioxidantes, acrescentados de propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas e até mesmo anticâncer (LEITE *et al*., 2021).

3.1.4 Atividade Antifúngica Contra o *Rhizopus stolonifer*

A inibição do crescimento micelial alcançado com a concentração de 300 µL.mL^{-1} foi de 39%, com concentração de 250 µL.mL^{-1} Santos et al. 2017 com óleos

Figura 2. Inibição do crescimento micelial avaliado em relação à diferentes concentrações de óleo essencial de araçá-roxo.



essenciais de *E. fruticosa*, *G. platanifolia* e *M. martiusii* obteve a inibição do crescimento de 28,6% e 13,9% respectivamente e com o fungicida químico comercial Iprodiona em uma concentração 8 vezes maior obteve-se a inibição de 58,3% no crescimento do *Rhizopus stolonifer*, indicando dessa forma o potencial antifúngico do óleo essencial extraído das folhas do araçá-roxo, onde a concentração de 150 $\mu L.mL^{-1}$ estatisticamente apresenta a melhor inibição percentual a ser usada contra o fungo analisado, isso pois na análise estatística empregada pelo teste de Tukey identificou-se quais as medias de grupos são significativamente diferentes entre si, as letras iguais denotam a ausência de diferença significativa entre as concentrações. Essa é justificada pela presença de terpenos na composição química do óleo volátil, esses compostos apresentam características lipofílicas que pode provocam rompimento nas membranas das células fúngicas impedindo a multiplicação das mesmas levando a morte (FERRÃO et al., 2020).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

3.2.1 Umidade e Solubilidade em Água

Tabela 4. Percentual de umidade dos filmes incorporados com diferentes concentrações de óleo essencial de araçá-roxo

Tratamento	Umidade (%)	Solubilidade em Água (%)
FAR-0	$15,75 \pm 1,30^{a}$	$55,75 \pm 22,91^{b}$
FAR-0.0625	$15,04 \pm 0,67^{a}$	$60,17 \pm 30,29^{b}$
FAR-0.125	$15,76 \pm 0,62^{a}$	$56,29 \pm 18,04^{b}$
FAR-0.250	$15,09 \pm 0,82^{a}$	$33,57 \pm 2,43^{b}$
FAR-0.500	$16,19 \pm 0,84^{a}$	$39,19 \pm 3,64^{b}$

A análise retornou que a concentração de óleo essencial não exerceu papel significante na umidade e solubilidade em água dos filmes biodegradáveis. Valores similares foram encontrados por Lima et al. (2021) onde a umidade encontrada foi de 19,17 ± 2,99%, esse valor diz a respeito da concentração de amido utilizada e a sua fonte. Há solubilidade em água seguiu o mesmo padrão dos autores com 48,93 ± 7,20%, o que pode indicar fatores de aplicação dos filmes biodegradáveis para embalagens de alimentos, permitindo as trocas gasosas essenciais e evitando a perda de umidade de vegetais.

3.2.3 Biodegrabilidade

Figura 3. Amostras de 4cm^2 de filmes incorporados com óleos essenciais depositados sobre solo.

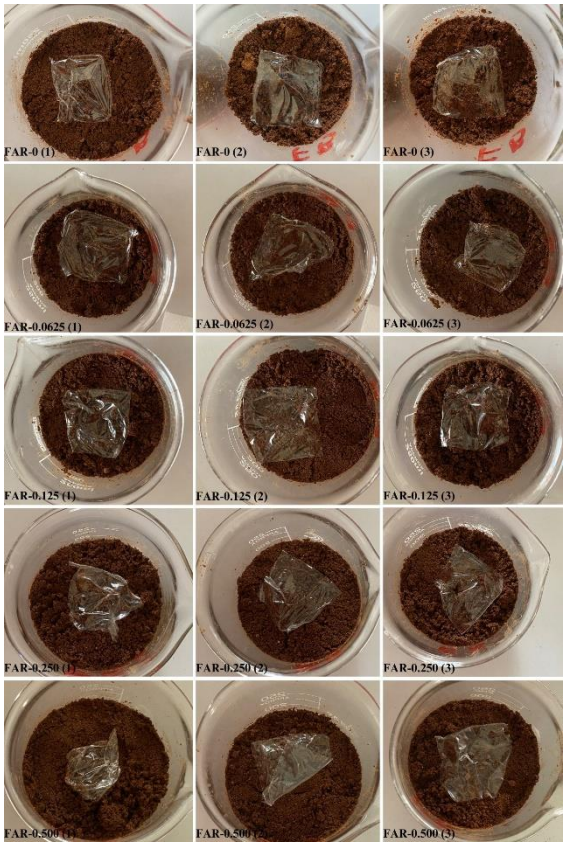
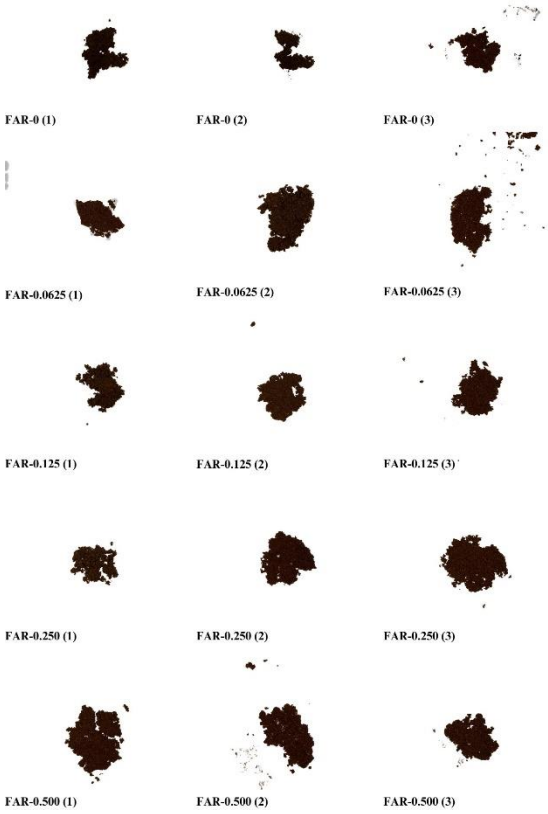


Tabela 5. Área biodegradada dos filmes incorporados com óleos essenciais enterrados no solo úmido após o período de 72 h.

Tratamento	Área (cm^2)
FAR-0	1,03 ± 0,22^a
FAR-0.0625	1,71 ± 0,61^a
FAR-0.125	1,41 ± 0,18^a
FAR-0.250	1,76 ± 0,58^a
FAR-0.500	1,96± 0,45^a

Figura 4. Amostras de filmes a base de amido retirados do solo depois do período de 72 h.



A concentração de óleo essencial incorporada nos filmes biodegradáveis não tem impacto significante na biodegrabilidade dos filmes a base de amido, onde no período de 72 h cerca de 60% dos filmes foram degradados em contato com o solo, conforme demonstra da Tabela 5 e Figura 4, uma velocidade acelerada da reação do processo devido a vulnerabilidade da estrutura polimérica, com relação direta a umidade do filme e do substrato (LIMA et al., 2021). Lima et al. (2021) chegou à degradação de 65% em 288 h e ao comparar com os plásticos comerciais de polipropileno, estes permaneceram

intactos, dando embasamento para estudos e testes em que os filmes a base de amido possam substituir embalagens de alimentos e serem descartadas no solo pois são absorvidas sem causar danos ambientais.

3.2.4 Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

Em todos os filmes biodegradáveis examinados observou-se um padrão de similaridade nos espectros obtidos na faixa do Infravermelho Médio, com distinções apresentadas na amplitude das bandas e nos picos característicos dos materiais formados pelos componentes e diferentes concentrações de óleo essencial de araçá-roxo. O espectro infravermelho médio descrito do amido o pico no comprimento de onda 850 cm^{-1}, correspondente à conformação α da unidade de D-glicose; 3000-3660 cm^{-1}, relacionado aos grupos-OH presentes na unidade glicosídica; 2928 cm^{-1}, atribuído à deformação axial das ligações C-H do anel; e 900-1160 cm^{-1}, associado às deformações axiais do sistema C-O-C e das ligações C-O em álcoois (AMARAL et al., 2016). Essas características podem ser observadas sendo amplificadas na intensidade da transmitância pelo perfil cromatográfico do óleo essencial, os terpenos são responsáveis por atribuir essas propriedades químicas dos álcoois, hidrocarbonetos e fenóis, evidenciando a emulsificação do óleo essencial no filme biodegradável, não sendo evaporado durante a síntese, indicando a que o material pode ser empregado em embalagens de produtos alimentícios com fins de preservação (LAPA et al., 2020)

Figura 5. Espectro de absorção na região do infravermelho (FTIR) do óleo essencial de araçá-roxo

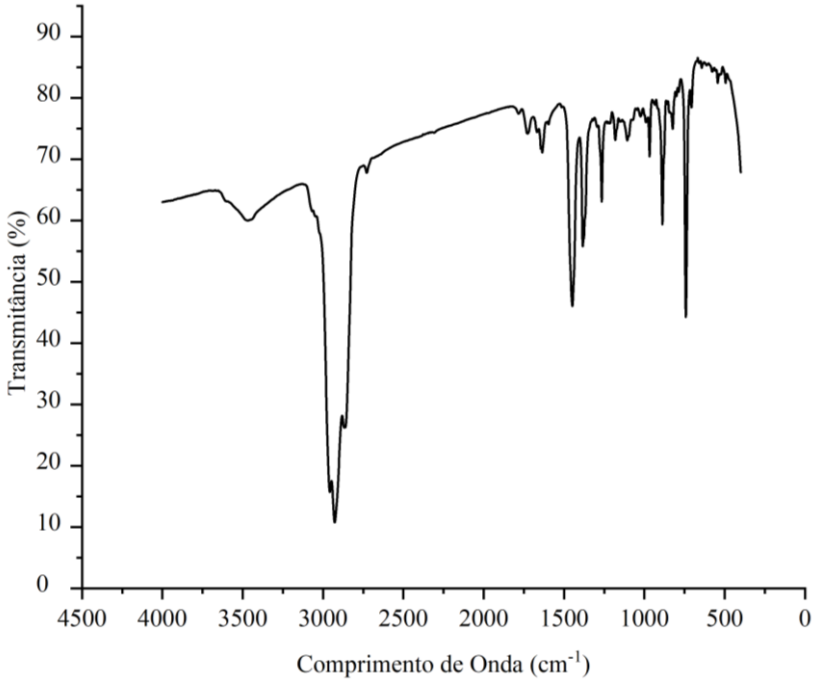
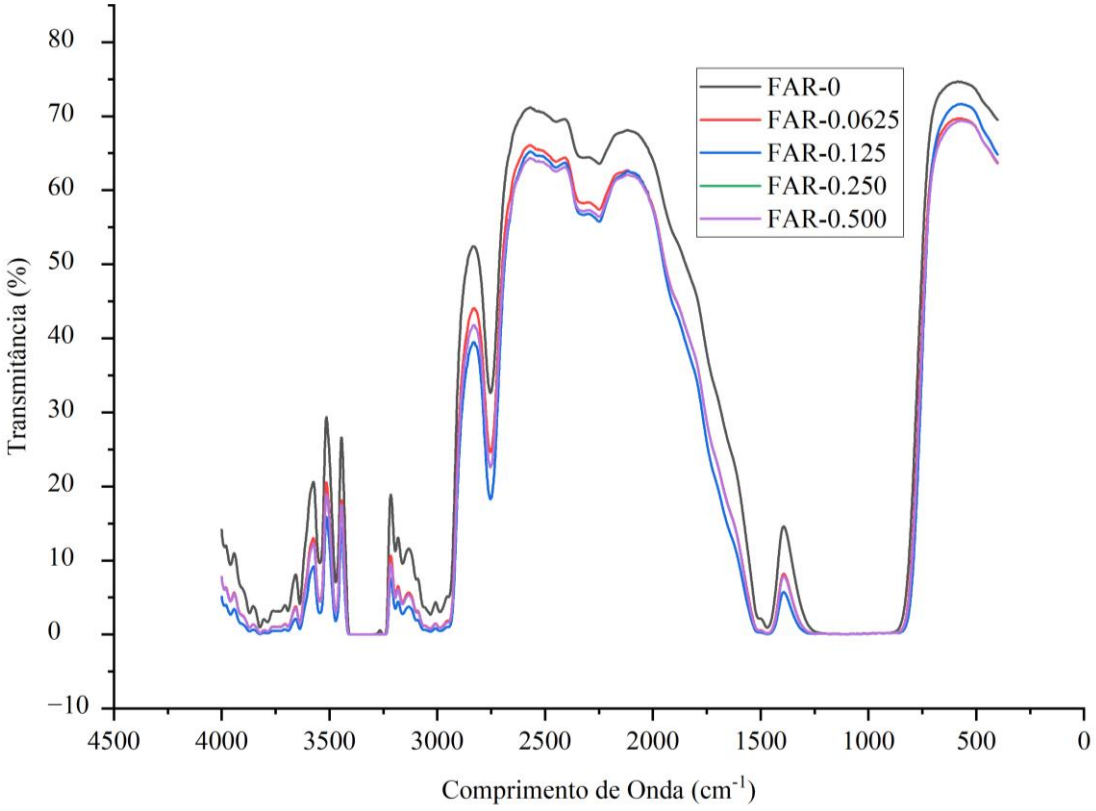


Figura 6. Espectro de absorção na região do infravermelho (FTIR) dos filmes biodegradáveis de amido incorporados ao óleo essencial de araçá-roxo



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A viabilidade de desenvolver filmes biodegradáveis utilizando amido de mandioca incorporado óleo essencial de araçá-roxo (*Psidium myrtoides) é* evidenciada com o potencial desses materiais na produção sustentável de embalagens para uso em alimentos. As análises físico-químicas do óleo essencial confirmaram suas propriedades antimicrobianas, onde a concentração de 150 $\mu L.mL^{-1}$ demonstrou ser a concentração inibitória adequada ao crescimento fúngico. Contra os agentes oxidantes a concentração de 25 $\mu L.mL^{-1}$ não se diferencia da média inibitória das concentrações maiores , isso devido a presença de terpenoides como componentes, com as análises do filme fabricado obteve-se a confirmação da incorporação do composto ativo ao mesmo que também demonstrou biodegradabilidade em solo e água. Recomenda-se futuras investigações podem ampliar esses resultados, explorando diferentes combinações de biopolímeros e aditivos naturais, bem como avaliando a aplicabilidade em diferentes contextos industriais.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTMANN, I., ATZ, N. R., ROSA, S. M. L. Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos a partir de amido de milho: uma proposta experimental de produção de biofilmes em sala de aula, **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 53–58, 2018.

GARCIA, R.A et al. Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. **Original Article Biosci. J**, v. 28, n. 1, p. 48-57, 2012.

BITTENCOURT, V. R. et al. Embalagens Ativas Como Novas Abordagens Sustentáveis E Ambientalmente Corretas: Uma Revisão Da Literatura. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Volume 2**, p. 217–232, 2020.

CARNEIRO, J. E. et al. Atividade Antimicrobiana E Propriedades Físicas De Filmes Biodegradáveis Incorporados Com Cafeína E Ácido Acético. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 60252–60262, 2020.

CHAPPELL, J., COATES, R. M. Sesquiterpenes. **Comprehensive Natural Products II**, Elsevier, 2010. v. 1. p. 609–641, 2010.

DE LUCENA, C.A.A. et al. Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. **Polimeros**, v. 27, p. 35–41, 2017.

AMARAL, L. J. D et al. Obtenção de amidos termoplásticos para a extrusão de

pós cerâmicos. **Polimeros**, v. 26, p. 60–67, 2016.

RUFINO, M.S.M. et al. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Tecnico,** ISSN 1679-6535, 2007.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 4. ed. parte II. São Paulo: Atheneu, 2000.

FERRÃO, S. K. et al. Atividade antifúngica de óleos essenciais frente a Candida *spp*. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 1, p. 100–113, 2020.

FRIEDRICHSEN, J. S. A. et al. O uso de amido como proposta para embalagens biodegradáveis – Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, 2022.

GHASEMLOU, M., et al. Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, n. 1, p. 1117–1126, 2013.

GONÇALVES, G. M. S. et al. The essential oil of Curcuma longa rhizomes as an antimicrobial and its composition by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. **Revista de Ciências Médicas**, v. 28, n. 1, p. 1, 2019.

LAPA, L. S. S., SILVA, Y. R. de O., SALES, P. F. Aplicação das análises espectroscópicas e termogravimétricas em filmes biodegradáveis de amido de milho incorporados com extrato de própolis-verde. **ForScience**, v. 8, n. 2, p. e00712, 2020.

MELLO, G. S. L. et al. Feasibility of application of bartha's respirometric method to determine biodegradation of pollutants or wastes in latosoils. **Eng. sanit. ambient.**, v. 12, p. 71–78, 2007.

LEITE, G.M.L. et al. Pharmacological and toxicological activities of α-humulene and its isomers: A systematic review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 115, n. February, p. 255–274, 2021.

LIMA, L.S.N.H. et al. Produção E Caracterização Dos Filmes Biodegradáveis À Base De Amido De Mandioca: Influência Da Temperatura De Secagem. **Variantes do Meio Ambiente: Atuação, interdisciplinaridade e Sustentabilidade,** v. 2, 2021.

OLICÓN-HERNÁNDEZ, D. R. et al. Quitosano y mucílago de Opuntia ficus-indica (nopal) como base de una película polimérica comestible para la protección de tomates contra Rhizopus stolonifer. **TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas**, v. 22, p. 1–9, 2019.

SILVA, L. R. et al. Lamiaceae Essential Oils, Phytochemical Profile, Antioxidant, and Biological Activities. Evidence-based

Complementary and Alternative Medicine. **Hindawi**, 2021.

RISS, T.L. et al. **Cell Viability Assays**. Eli Lilly & Company and the National Center for Advancing Translational Sciences, 2016.

SANTANA, J. E. G. et al. Liposomal nanoformulations with trans-caryophyllene and caryophyllene oxide: do they have an inhibitory action on the efflux pumps NorA, Tet(K), MsrA, and MepA?. **Chemico-Biological Interactions**, v. 393, p. 110945, abr. 2024.

TURQUETT, L. C. D. G. B., et al. Avaliação da cobertura comestível elaborada a partir de quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de morangos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 33153–33171, 2021.

YAMAGUCHI, K. K. L. et al. Atividades biológicas dos óleos essenciais de Endlicheria citriodora, uma lauraceae rica em geranato de metila. **Quimica Nova**, v. 36, n. 6, p. 826–830, 2013.