

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

**DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS DE CELULOSE BACTERIANA
INCORPORADAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS PARA USO NO TRATAMENTO DE
FERIDAS**

SANDRO ROGÉRIO KUMINECK JUNIOR

Joinville – SC

2023

SANDRO ROGÉRIO KUMINECK JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS DE CELULOSE BACTERIANA
INCORPORADAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS PARA USO NO TRATAMENTO DE
FERIDAS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Mestrado em Engenharia de Processos, da Universidade da Região de Joinville (Univille), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientadora: Dra. Ana Paula Testa Pezzin

Coorientador: Dr. Flares Baratto Filho

Joinville – SC

2023

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

K96d Kumineck Junior, Sandro Rogério
Desenvolvimento de membranas de celulose bacteriana incorporadas com
óleos essenciais para uso no tratamento de feridas / Sandro Rogério Kumineck
Junior; orientadora Dra. Ana Paula Testa Pezzin; coorientador Dr. Flares Baratto
Filho. – Joinville: UNIVILLE, 2023.

89 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos – Universidade da Região de
Joinville)

1. Ferimentos e lesões – Tratamento. 2. Essências e óleos essenciais. 3.
Bactérias. I. Pezzin, Ana Paula Testa (orient.). II. Baratto Filho, Flares (coorient.).
III. Título.

CDD 615.321

Termo de Aprovação

“Desenvolvimento de Membranas de Celulose Bacteriana Incorporadas com Óleos Essenciais para Uso no Tratamento de Feridas”

por

Sandro Rogério Kumineck Junior

Banca Examinadora:

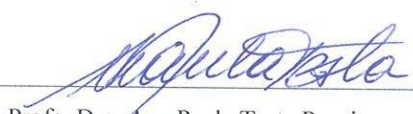
Profa. Dra. Ana Paula Testa Pezzin
Orientadora (UNIVILLE)

Prof. Dr. Flares Baratto Filho
Coorientador (UNIVILLE)

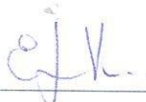
Profa. Dra. Katiusca Wessler Miranda
(NANO BIOCELL)

Profa. Dra. Denise Abatti Kasper Silva
(UNIVILLE)

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos, área de concentração Desenvolvimento e Gestão de Processos e Produtos e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos.



Profa. Dra. Ana Paula Testa Pezzin
Orientadora (UNIVILLE)



Profa. Dra. Elisabeth Wisbeck
Vice-Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos

Joinville, 28 de fevereiro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Fátima Aparecida Souza Kumineck e o meu pai Sandro Rogério Kumineck por todos os ensinamentos e pelo apoio em todas as minhas escolhas.

À professora Dra. Ana Paula Testa Pezzin e ao professor Dr. Flares Baratto Filho, pela orientação e conhecimentos transmitidos, pela atenção e oportunidade de desenvolvimento pessoal e profissional.

À professora Dra. Andréa Lima dos Santos Schneider por ter me aceitado no grupo de pesquisa e às professoras Dra. Michele Cristina Formolo Garcia e Dra. Giannini Pasiznick Apati pela colaboração com seus conhecimentos e ajuda em algumas análises.

Agradeço a amiga Victória Fonseca Silveira por me auxiliar em todas as atividades e experimentos, e os amigos Bruna Segat e Geasi L. Martins pelo companheirismo.

Às técnicas dos laboratórios de pesquisa Aline Scheller e Paula Roberta Perondi Furtado pela ajuda no laboratório e amizade.

A todos que contribuíram para que este trabalho fosse realizado de maneira direta ou indireta.

Agradeço a Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE e a FAPESC (Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina) pelo apoio financeiro e bolsa de estudos, aos professores pelos conhecimentos transmitidos e aos meus colegas de curso pelo conhecimento compartilhado.

Aos membros da banca examinadora, agradeço por aceitarem avaliar este trabalho, certamente acrescentando valiosas contribuições.

RESUMO

Desenvolvimento de membranas de celulose bacteriana incorporadas com óleos essenciais para uso no tratamento de feridas

As feridas crônicas são um problema de saúde pública que afetam cerca de 3% de brasileiros, impactando negativamente a qualidade de vida deles. Esse tipo de ferida possui um processo de restauração complexo, demandando um tempo prolongado de cicatrização, porém, os métodos convencionais de tratamento de feridas podem não ser eficientes. Devido a isso, uma nova geração de curativos funcionais com melhores capacidades de cicatrização vem sendo desenvolvida, destacando-se a utilização de polímeros naturais. Nesse sentido, a celulose bacteriana (CB) torna-se promissora para a aplicação como curativo pois é biodegradável, atóxica, não-alérgica e capaz de manter a umidade da ferida. Embora a CB não possua atividade antimicrobiana, o que reduz a sua efetividade em feridas contaminadas, a sua estrutura permite a incorporação de compostos que possuem ação antimicrobiana conhecida, como os óleos essenciais (OEs), que são compostos naturais amplamente disponíveis e possuem propriedades antimicrobianas, antioxidantes, antivirais e baixo grau de toxicidade. Portanto, o presente trabalho consistiu em sintetizar membranas de CB a partir da bactéria *Komagataeibacter hansenii* e associá-la à OEs de alecrim, cravo, eucalipto, gengibre, lavanda e capim-limão pela técnica *ex situ*, para obtenção de curativos para uso no tratamento de feridas. A partir da caracterização das amostras por Espectroscopia UV-vis e Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS), foram detectados compostos característicos dos OEs nas membranas incorporadas, como eucaliptol do alecrim e eucalipto, eugenol do cravo, linalol da lavanda e citral do gengibre e capim-limão. Esses resultados foram complementados pela Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), uma vez que as amostras apresentaram bandas características desses mesmos compostos. A Análise Termogravimétrica (TGA) demonstrou que, de maneira geral, as incorporações dos OEs reduziram a estabilidade térmica da CB devido aos diferentes graus de volatilidade dos compostos. Os OEs modificaram a morfologia da CB, e, utilizando-se a técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), verificou-se que os OEs preencheram os poros da membrana e revestiram as fibras da celulose. Além disso, as membranas incorporadas apresentaram resultados favoráveis quanto a inibição de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*, destacando-se as amostras incorporadas com OEs cravo, gengibre e capim-limão. A partir disso, supõe-se que o eugenol e o citral foram os compostos responsáveis pela ação antimicrobiana. Os resultados obtidos confirmaram a eficácia do método de incorporação, mantendo a composição e as características antimicrobianas dos OEs.

Palavras-chave: Celulose bacteriana, curativos, incorporação, óleos essenciais.

ABSTRACT

Development of bacterial cellulose membranes incorporated with essential oils for use in wound treatment

Chronic wounds are a public health problem that affects about 3% of Brazilians, negatively impacting their quality of life. This kind of wound has a complex restoration process, requiring a prolonged healing time. However, conventional wound treatment methods may not be efficient. Because of this, a new generation of functional dressings with better healing capabilities has been developed, highlighting the use of natural polymers. In this sense, bacterial cellulose (BC) becomes promising for application as a dressing because it is biodegradable, non-toxic, non-allergenic and capable of maintaining moisture in the wound. Although BC does not have antimicrobial activity, which reduces its effectiveness in contaminated wounds, its structure allows the incorporation of compounds with known antimicrobial action, such as essential oils (EOs), which are natural compounds widely available and have low toxicity, antimicrobial, antioxidant and antiviral properties. Therefore, the present work consisted of synthesizing BC membranes from the bacteria *Komagataeibacter hansenii* and associating it with rosemary, clove, eucalyptus, ginger, lavender and lemongrass EOs by the *ex situ* technique to obtain dressings for use in the treatment of wounds. From the characterization of the samples by UV-vis Spectroscopy and Gas Chromatography Coupled to Mass Spectrometry (GC-MS), characteristic compounds of EOs were detected in the incorporated membranes, such as eucalyptol from rosemary and eucalyptus, eugenol from clove, linalool from lavender and citral from ginger and lemongrass. These results were complemented by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) since the samples showed characteristic bands of these same compounds. The Thermogravimetric Analysis (TGA) demonstrated that, in general, the incorporation of EOs reduced the thermal stability of BC due to the different degrees of volatility of the compounds. The EOs modified the morphology of the BC. The Scanning Electron Microscopy (SEM) technique verified that the EOs filled the membrane pores and coated the cellulose fibers. In addition, the incorporated membranes showed favorable results regarding the inhibition of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*, highlighting the samples incorporated with clove, ginger and lemongrass EOs. From this, it is assumed that eugenol and citral were the compounds responsible for the antimicrobial action. The results confirmed the incorporation method's effectiveness, maintaining the composition and antimicrobial characteristics of the EOs.

Keywords: Bacterial cellulose, essential oils, incorporation, wound dressings.

RESUMEN

Desarrollo de membranas de celulosa bacteriana incorporadas con aceites esenciales para uso en el tratamiento de heridas

Las heridas crónicas son un problema de salud pública que afecta cerca del 3% de los brasileños, impactando negativamente en su calidad de vida. Este tipo de herida tiene un proceso de restauración complejo, que requiere un tiempo de cicatrización prolongado; sin embargo, los métodos convencionales de tratamiento de heridas pueden no ser eficaces. Por ello, se ha desarrollado una nueva generación de apósitos funcionales con mejores capacidades de cicatrización, destacando el uso de polímeros naturales. En este sentido, la celulosa bacteriana (CB) se vuelve prometedora para su aplicación como apósito porque es biodegradable, no tóxica, no alergénica y capaz de mantener la humedad en la herida. Aunque el CB no tiene actividad antimicrobiana, lo que reduce su eficacia en heridas contaminadas, su estructura permite la incorporación de compuestos que tienen acción antimicrobiana conocida, como los aceites esenciales (AE), que son compuestos naturales ampliamente disponibles y tienen propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antivirales y baja toxicidad. Por tanto, el presente trabajo consistió en sintetizar membranas de CB a partir de la bacteria *Komagataeibacter hansenii* y asociarla con AE de romero, clavo, eucalipto, jengibre, lavanda y limoncillo mediante la técnica *ex situ*, para obtener apósitos para su uso en el tratamiento de heridas. A partir de la caracterización de las muestras por espectroscopia UV-vis y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), se detectaron en las membranas incorporadas compuestos característicos de los AE, como eucaliptol de romero y eucalipto, eugenol de clavo, linalol de lavanda y citral de jengibre y limoncillo. Estos resultados se complementaron con la Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), ya que las muestras presentaban bandas características de estos mismos compuestos. El Análisis Termo gravimétrico (TGA) demostró que, en general, la incorporación de AE reducía la estabilidad térmica de los CB debido a los diferentes grados de volatilidad de los compuestos. Los AE modificaron la morfología del CB y mediante la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) se verificó que los AE llenaban los poros de la membrana y recubrían las fibras de celulosa. Además, las membranas incorporadas mostraron resultados favorables en cuanto a la inhibición de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*, destacando las muestras incorporadas con AE de clavo, jengibre y limoncillo. A partir de esto, se supone que el eugenol y el citral fueron los compuestos responsables de la acción antimicrobiana. Los resultados obtenidos confirmaron la efectividad del método de incorporación, manteniendo la composición y características antimicrobianas de los AE.

Palabras clave: Aceites esenciales, apósitos, celulosa bacteriana, incorporación.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da celobiose	19
Figura 2 - Ligações de hidrogênio intra e intermoleculares da celulose	20
Figura 3 - Principais componentes do óleo essencial de alecrim	25
Figura 4 - Principais componentes do óleo essencial de cravo	27
Figura 5 - Principais componentes do óleo essencial de eucalipto	28
Figura 6 - Principais componentes do óleo essencial de gengibre	29
Figura 7 - Principais componentes do óleo essencial de lavanda	30
Figura 8 - Principais componentes do óleo essencial de capim-limão	31
Figura 9 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos	32
Figura 10 - Amostras de CB: (a) inóculo de <i>K. hansenii</i> , (b) membrana de CB sintetizada em tubo Falcon e (c) membrana de CB após purificação	38
Figura 11 - Aspectos físicos das membranas de CB (a) pura, incorporadas com (b) OE de alecrim (CB/A), (c) OE de cravo (CB/C), (d) OE de eucalipto (CB/E), (e) OE de gengibre (CB/G), (f) OE de lavanda (CB/L) e (g) OE de capim-limão (CB/CL)	39
Figura 12 - Curvas de calibração dos OEs	40
Figura 13 – Curva de calibração do ácido gálico	44
Figura 14 - Espectros de FTIR das amostras: (a) comparativo entre CB e amostras incorporadas com alecrim, cravo e eucalipto e (b) comparativo entre CB e amostras incorporadas com gengibre, lavanda e capim-limão	46
Figura 15 - Curvas (a) TG e (b) DTG das amostras	49
Figura 16 - Micrografias de MEV (a) CB, (b) CB/A, (c) CB/C, (d) CB/E, (e) CB/G, (f) CB/L e (g) CB/CL	52
Figura 17 - Antimicrobiano das amostras para (a) <i>C. albicans</i> , (b) <i>E. coli</i> e (c) <i>S. aureus</i>	54
Figura 18 - Diâmetros dos halos de inibição (n = 3)	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Leitura de absorbância e massa de OE incorporado às amostras de CB 40	
Tabela 2 – Principais componentes dos OEs detectados por GC-MS	41
Tabela 3 - Concentração de fenólicos totais das amostras	44
Tabela 4 - Eventos térmicos da amostra obtidos das curvas TG/DTG.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral.....	17
2.2	Objetivos específicos	17
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	18
3.1	Feridas.....	18
3.2	Celulose.....	19
3.2.1	Celulose bacteriana	20
3.3	Métodos de incorporação de substâncias à CB.....	22
3.4	Óleos essenciais.....	23
3.4.1	Óleo essencial de alecrim.....	25
3.4.2	Óleo essencial de cravo.....	26
3.4.3	Óleo essencial de eucalipto	27
3.4.4	Óleo essencial de gengibre	28
3.4.5	Óleo essencial de lavanda.....	29
3.4.6	Óleo essencial de capim-limão	30
4	METODOLOGIA.....	32
4.1	Produção de celulose bacteriana.....	33
4.2	Incorporação dos óleos essenciais.....	33
4.3	Conteúdo de óleo essencial incorporado.....	34
4.4	Concentração de fenólicos totais.....	34
4.5	Caracterizações estruturais	35
4.6	Atividade antimicrobiana.....	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	Produção de celulose bacteriana.....	38
5.2	Incorporação dos óleos essenciais.....	38
5.3	Conteúdo de óleo essencial incorporado.....	39
5.4	Concentração de fenólicos totais.....	43
5.5	Caracterizações estruturais	46
5.5.1	Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)	46
5.5.2	Análise termogravimétrica (TGA).....	49

5.5.3 Microscopia eletrônica de alta resolução (MEV-FEG)	52
5.6 Atividade antimicrobiana.....	54
CONCLUSÃO	58
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICES	82
APÊNDICE A - Cromatogramas dos OEs puros e das CBs incorporadas.	82
APÊNDICE B - Curvas de calibração dos compostos identificados.	89
APÊNDICE C - Bandas identificadas nos FTIR das amostras	93
APÊNDICE D – Diâmetros dos halos de inibição, em mm (n=3)	95
ANEXOS	96
ANEXO A – Características dos óleos essenciais.....	96
ANEXO B – Composição dos óleos essenciais.....	96

1 INTRODUÇÃO

As feridas crônicas constituem um sério problema de saúde pública no Brasil e no mundo, pois afeta um grande número de pacientes e contribui para os custos de saúde pública (COSTA et al., 2020). Os dados disponíveis referentes a prevalência de feridas crônicas na população mundial apresentam variações, uma vez que dependem do tipo de estudo, diagnóstico da etiologia, ano e país. Entretanto, uma revisão sistemática com metanálise a partir de vários estudos aponta uma prevalência mundial, combinada de todas as etiologias de feridas crônicas de 2,21 por 1.000 habitantes (DANTAS, 2020). No Brasil, um estudo publicado em 2017 descreveu uma estimativa geral de feridas crônicas de 3% (LEAL et al., 2017). Os métodos convencionais de tratamento de feridas incluem o uso de curativos que podem interferir no processo de cicatrização, uma vez que são feitas trocas constantes do curativo, o que causa dor e desconforto ao paciente e atrasa a reconstituição do tecido (BOATENG; CATANZANO, 2015; COSTA et al., 2020).

Assim, como alternativa aos curativos tradicionais, uma nova geração de curativos funcionais vem sendo desenvolvida em diversas formas, como esponjas (MA et al., 2019), filmes (HALIM et al., 2018) e hidrocoloides (HIRANPATTANAKUL et al., 2018). Os curativos modernos visam prevenir infecções e aprimorar o processo de cicatrização de feridas, apresentando propriedades como manutenção da umidade da ferida, remoção de exsudatos e controle antimicrobiano. Diante disso, curativos à base de polímeros naturais podem ser considerados uma boa escolha para o tratamento dessas feridas. O avanço no desenvolvimento e uso de materiais poliméricos trouxe benefícios pois permite a produção de uma variedade de curativos, gerando melhores resultados (BOATENG; CATANZANO, 2015; COSTA et al., 2020; GUSTAITE et al., 2015).

Dos polímeros que vêm sendo utilizados com essa finalidade, a celulose bacteriana (CB) se destaca pois possui características que cumprem requisitos de um curativo ideal. A CB é sintetizada por bactérias, como as do gênero *Komagataeibacter*, é segura, biodegradável, possui alta pureza (livre de lignina, hemicelulose e pectina, encontradas na celulose de plantas), biocompatibilidade, apresenta estrutura reticulada que serve como barreira contra micro-organismos patogênicos, além de possuir elevada resistência mecânica (módulo de Young = 15 – 138 GPa). Esse biopolímero possui uma estrutura similar a matriz extracelular da pele e é capaz de

criar e manter um ambiente úmido para a ferida devido a sua alta hidrofiliabilidade, servindo ao mesmo tempo como uma barreira contra radiação UV (BARUD, 2010; CAMPANO et al., 2016; CHAWLA et al., 2009; POURALI et al., 2018).

Entretanto, a CB por si só não é capaz de inibir o crescimento de micro-organismos patogênicos, o que reduz a sua efetividade como curativo em feridas contaminadas. Porém, agentes antimicrobianos podem ser incorporados à estrutura da CB para melhorar suas propriedades biológicas. Nesse sentido, óleos essenciais tornam-se uma boa opção para esse fim, pois têm diversas aplicações na indústria farmacêutica e na medicina devido às suas propriedades antibacterianas, antifúngicas, inseticidas, antioxidantes, anti-câncer e antivirais, advindas da presença de compostos bioativos, como fenóis (função orgânica caracterizada por uma ou mais hidroxilas ligadas a um anel aromático) e terpenos [hidrocarbonetos de fórmula química geral $(C_5H_8)_n$], em sua estrutura. Além disso, os OEs são vantajosos em relação a agentes antimicrobianos sintéticos por serem compostos naturais amplamente disponíveis com baixo grau de toxicidade (CASALINI; BASCHETTI, 2022; DIASS et al., 2021; EL FAWAL; OMER; TAMER, 2019; LIAKOS et al., 2015), tornando o material promissor para aplicação em regeneração de tecidos.

Diante disso, destacam-se alguns OEs que podem ser utilizados para produção de biocompósitos, como o óleo essencial de alecrim (OEA), que foi utilizado no trabalho de Abdollahi, Rezaei e Farzi (2012), que incorporaram nanoargila de montmorilonita e OEA em filmes de quitosana e observaram melhoria nas propriedades físicas e mecânicas, devido à esfoliação da montmorilonita e boa interação entre quitosana e montmorilonita na presença de OEA. As propriedades antimicrobianas dos filmes também melhoraram com a incorporação do óleo; e no trabalho de Liakos et al. (2017), que utilizaram eletrospinning para produzir nanofibras de acetato de celulose e OEs de alecrim e orégano. O biomaterial apresentou boa atividade antimicrobiana contra *E. coli*, *S. aureus* e *C. albicans*, demonstrando o potencial para a aplicação em curativos, sensores e embalagens alternativas.

O óleo essencial de cravo (OEC) foi utilizado por Unalan et al. (2019), que produziram biomateriais antibacterianos de nanofibra eletrofiados de poli(ϵ -caprolactona)-gelatina contendo OEC para aplicações de cicatrização de feridas sem antibióticos. Os resultados demonstraram que os biomateriais não apresentaram efeitos citotóxicos em células de fibroblastos dérmicos humanos normais e tiveram atividade antibacteriana contra *S. aureus* e *E. coli*. Qin et al. (2020) incorporaram OEC

em zeína e produziram membranas fibrosas por eletrofiação para utilização como curativos. O biomaterial produzido apresentou uma estrutura porosa com maior permeabilidade a gás, boa biocompatibilidade, atividade antimicrobiana, além de superhidrofilicidade, o que facilita a absorção de exsudatos das feridas. Ainda, foi conduzido um estudo em camundongos que sugeriu que a membrana promove o processo de cicatrização de ferimentos.

Ainda, a eficácia da utilização de óleo essencial de eucalipto (OEE) como material antimicrobiano foi reportada por Karavasili et al. (2020), que produziram hidrogéis de alginato-metilcelulose imprimíveis em 3D com componentes bioativos como mel de Manuka, gel de *Aloe vera* e OEE. Os hidrogéis demonstraram potencial para utilização em cicatrização de feridas, pois apresentaram eficácia antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, além de boa biocompatibilidade em fibroblastos dérmicos humanos, estimulando o crescimento celular. Wang et al. (2021) utilizaram OEE, OE de gengibre e OE de cominho para produzir hidrogéis antibacterianos fisicamente reticulados por carboximetilquitosana e carbômero 940, e obtiveram materiais com atividade antimicrobiana contra *S. aureus* e *E. coli*. Além disso, o hidrogel incorporado com OEE apresentou viabilidade celular e acelerou a cicatrização de feridas em modelos de queimaduras de camundongos, promovendo a recuperação da derme e da epiderme.

O óleo essencial de gengibre (OEG) foi utilizado por Amalraj et al. (2020) para a produção de filmes à base de quitosana, goma arábica e polietilenoglicol, que foram incorporados com óleos essenciais de pimenta-preta e gengibre pelo método de *casting*. Os filmes incorporados apresentaram grande resistência mecânica e flexibilidade com alta estabilidade térmica e, além disso, demonstraram elevada atividade antimicrobiana contra *Bacillus cereus*, *S. aureus*, *E. coli* e *S. typhimurium*. Esses resultados demonstraram que os materiais são promissores para utilização em embalagens de alimentos e curativos. Ngampunwetchakul et al. (2019) encapsularam OEG em nanopartículas de quitosana e as incorporaram em hidrogéis semi-sólidos de álcool polivinílico para uso em tratamento de feridas. Os hidrogéis formulados não apresentaram toxicidade contra células NCTC clone 929 (tecido conjuntivo subcutâneo de camundongo) e NHDF (Fibroblastos dérmicos humanos normais), demonstrando potencial para utilização em feridas.

As propriedades do óleo essencial de lavanda (OEL) também foram exploradas em diversos trabalhos nas áreas de curativos e cicatrização de feridas, como o

trabalho de Hajiali et al. (2016), que incorporaram OEL em nanofibras de alginato para avaliar a atividade antimicrobiana e anti-inflamatória, bem como a sua influência na cicatrização de queimaduras. Os resultados demonstraram que o material inibe *S. aureus*. Além disso, por meio de teste *in vivo*, os dados sugeriram que os curativos produzidos reduziram a produção de citocinas pró-inflamatórias em células de fibroblastos humanos, tornando o material promissor para a utilização no tratamento de queimaduras. Sofi et al. (2019) produziram curativos a partir de nanofibras de poliuretano com nanopartículas de prata (NPAg) e OEL por eletrofiação. As NPAg e o OEL garantiram a proliferação de fibroblastos de embrião de galinha cultivados *in vitro* nesses curativos, além de apresentarem propriedades bactericidas contra *E. coli* e *S. aureus*. Dessa forma, as nanofibras demonstraram grande potencial para a utilização como curativos multifuncionais, sendo capazes de proteger a ferida contra agentes externos e promover a regeneração de novos tecidos.

Outro OE que se destaca é o óleo essencial de capim-limão (OECL), que foi utilizado no trabalho de Liakos et al. (2015) na produção de curativos fibrosos à base de celulose e OEs de canela, capim-limão e hortelã-pimenta por eletrofiação. Os materiais inibiram o crescimento de *E. coli* e, além disso, não apresentaram citotoxicidade, que foi comprovada por meio de ensaios de biocompatibilidade em modelos de células da pele. Os curativos produzidos se mostraram promissores como dispositivos biomédicos para tratamentos tópicos. Riquelme, Herrera e Matiacevich (2017) produziram filmes à base de alginato com OECL encapsulado, preparados pelo método de *casting*. Os filmes apresentaram elevada atividade antimicrobiana contra *E. coli* e *Botrytis cinerea*, demonstrando boa liberação dos compostos antimicrobianos.

Neste contexto, o presente trabalho visa associar a celulose bacteriana com OEs de alecrim, cravo, eucalipto, gengibre, lavanda e capim-limão. Dessa forma, será desenvolvido um material para utilização na área biomédica como um curativo com capacidade curativa elevada.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as características estruturais, químicas e biológicas de membranas de celulose bacteriana incorporadas com óleos essenciais de alecrim, cravo, eucalipto, gengibre, lavanda e capim-limão para obter membranas com potencial para utilização como curativos.

2.2 Objetivos específicos

- a) Caracterizar as soluções de óleos essenciais quanto às atividades antimicrobianas e às composições químicas empregando as técnicas de Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS), Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e concentração de fenólicos totais (CFT);
- b) Sintetizar membranas de CB;
- c) Incorporar os óleos essenciais à CB pelo método *ex situ* para obter membranas com potencial curativo;
- d) Analisar os efeitos dos OEs incorporados à CB sobre as propriedades morfológicas, térmicas, químicas e antimicrobianas empregando técnicas de GC-MS, FTIR, Análise Termogravimétrica (TGA), Microscopia Eletrônica de Alta Resolução (MEV-FEG) e CFT.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Feridas

As feridas se formam toda vez que há uma lesão da estrutura anatômica resultante de ruptura simples ou grave de um órgão, como a pele, podendo se estender a outros tecidos e estruturas, como tecido subcutâneo, músculos, tendões, nervos e até mesmo ossos. As feridas podem ser classificadas de acordo com o tempo de reparação do tecido, sendo definidas como agudas ou crônicas (BOATENG; CATANZANO, 2015; BRASIL, 2002; SEN, 2019).

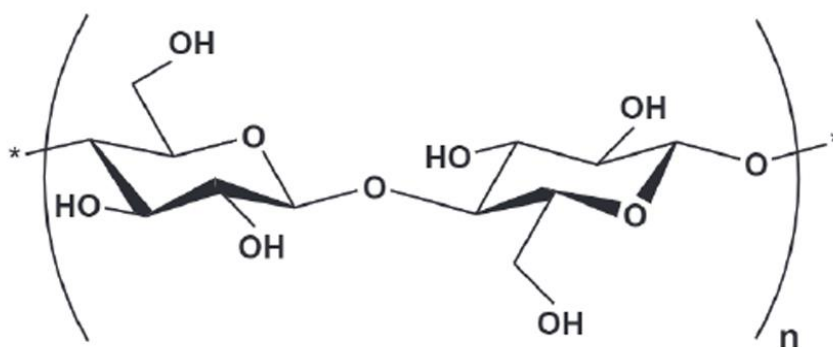
As feridas agudas são cicatrizadas em um curto período de tempo, de 8 a 12 semanas, e incluem feridas ocasionadas por fatores externos como cortes, incisões, queimaduras, entre outras. O tamanho, profundidade e grau de lesão são fatores que influenciam a cicatrização, que ocorre de maneira normal e ordenada ao longo de todo o processo (BOATENG; CATANZANO, 2015; SHI et al., 2020). Por outro lado, as feridas crônicas requerem um tempo prolongado de cicatrização, por vezes não cicatrizam ou ocorrem novamente. O reparo desse tipo de ferida é complexo, tornando difícil a restauração completa da estrutura anatômica do tecido lesado. Dessa forma, feridas crônicas geram impactos na qualidade de vida, pois reduzem a mobilidade e provocam dores crônicas. Este tipo de ferida pode ocorrer principalmente em pacientes idosos, com diabetes, obesidade, insuficiência venosa ou com doença arterial periférica (SINGH et al., 2013; VERBANIC et al., 2020).

Além disso, uns dos obstáculos para a cicatrização de feridas crônicas são infecções e inflamações. Isso ocorre quando o tecido subcutâneo está exposto, fornecendo um ambiente úmido, quente e nutritivo propício à proliferação de micro-organismos. As feridas crônicas nem sempre estão infectadas, entretanto, podem ser colonizadas por um microbioma distinto que pode levar à infecção ou afetar a cicatrização da ferida (BOWLER; DUERDEN; ARMSTRONG, 2001; VERBANIC et al., 2020).

3.2 Celulose

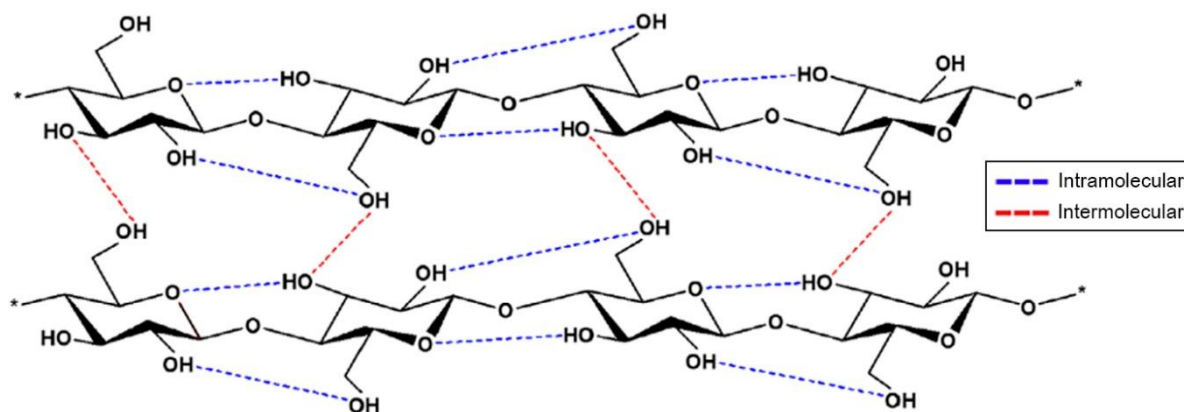
A celulose ($C_6H_{10}O_5$)_n é o material orgânico mais abundante na natureza e possui grande importância econômica, pois pode ser utilizada para a produção de papeis e fibras, além de ser utilizada como agente dispersante, agente gelificante, emulsificador, entre outros. No ano de 2020, a produção brasileira foi estimada em 21 milhões de toneladas de polpa de celulose (IBÁ, 2021). Sua estrutura consiste em unidades de β – D – glicopirranose unidas em cadeias longas, não ramificadas, por ligações glicosídicas β (1 – 4). Estas unidades repetitivas são denominadas celobiose (Figura 1) e contém seis grupamentos hidroxila que estabelecem ligações de hidrogênio intra e intermolecular (Figura 2), sendo que o primeiro tipo de ligação promove a rigidez das cadeias e o segundo é responsável pela formação da fibra vegetal. Devido às interações de hidrogênio, a celulose possui uma tendência a se aglomerar em forma de cristais, tornando-a completamente insolúvel em água e em grande parte dos solventes orgânicos (DONINI et al., 2010; RECOUVREUX, 2008; SILVA et al., 2009).

Figura 1 - Estrutura da celobiose



Fonte: Phanthong et al. (2018).

Figura 2 - Ligações de hidrogênio intra e intermoleculares da celulose



Fonte: Phanthong et al. (2018).

Esse biopolímero pode ser dividido entre celulose complexa e celulose pura. A celulose complexa, principal componente da parede celular de plantas, contém impurezas como lignina, pectina e hemicelulose. Esta é normalmente obtida industrialmente para a produção de pasta celulósica, sendo designada de celulose vegetal (CV). Por outro lado, impurezas não são encontradas no grupo da celulose pura, que pode ser sintetizada por micro-organismos como algas, fungos e bactérias, sendo denominada celulose bacteriana (CB) (DONINI et al., 2010; GOMES, 2011).

As impurezas presentes na CV podem ser eliminadas por tratamentos químicos utilizando produtos alcalinos, além de um processo de deslignificação. Entretanto, esse processo químico consome produtos tóxicos e tomam tempo, tornando a obtenção da CV não-amigável ambientalmente. Em contrapartida, a CB é produzida em uma forma altamente pura e com um processo de purificação mais simples, de baixo custo e ambientalmente amigável (CACICEDO et al., 2016; PHANTHONG et al., 2018).

3.2.1 Celulose bacteriana

A celulose bacteriana foi descoberta dois séculos atrás, mas apenas nas duas últimas décadas, com o desenvolvimento de nanotecnologias e da Química Verde, recebeu atenção dos pesquisadores. A CB pode ser produzida por diversas espécies de bactérias, como as dos gêneros *Komagataeibacter*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Sarcina*, *Salmonella* e *Escherichia* (CACICEDO et al., 2016; SHODA; SUGANO, 2005).

As bactérias mais utilizadas para a biossíntese de CB são as da família *Acetobacteraceae*, destacando-se a bactéria Gram-negativa e aeróbia estrita *Komagataeibacter hansenii*, que são capazes de converter fontes de carbono como glicose, glicerol, sacarose, frutose, manitol, entre outras, sob temperaturas entre 25 e 30 °C, em um pH entre 3 e 7. A *K. hansenii* produz celulose na forma de uma membrana na interface líquido–ar do meio de cultura e sua via bioquímica envolve a conversão da glicose como substrato exógeno à celulose (CACICEDO et al., 2016; DONINI et al., 2010; PFEFFER et al., 2017; RECOUVREUX, 2008).

A produção de CB por *K. hansenii* pode ser realizada utilizando meios de cultivo tanto sólidos quanto líquidos. O hidrogel formado na superfície do meio de cultura apresenta boa transparência, extrema hidrofiliabilidade, sendo que cerca de 99% de sua massa total é água e apenas 1% é celulose, além de formar uma barreira que protege a bactéria contra radiação UV. A hidrofiliabilidade da membrana de celulose pode ser explicada pela presença de poros e “túneis” em sua estrutura e depende diretamente da extensão de sua área superficial interior, assim como dos espaços intersticiais presentes na matriz de celulose hidratada (BARUD, 2010).

As propriedades mecânicas da CB podem ser comparadas a outros polímeros e fibras complexas e sintéticas, sendo que essas características estão diretamente relacionadas à sua estrutura cristalina de nano e microfibrilas. Além disso, a combinação da alta cristalinidade com o seu alto conteúdo de água é responsável pela estabilidade térmica da CB, o que torna possível a sua esterilização por autoclave. Uma maneira simples e barata de esterilização de biomateriais é vantajosa na biomedicina, uma vez que poucos polímeros suportam altas temperaturas sem que ocorra alguma alteração em suas propriedades (CACICEDO et al., 2016).

Além da sua hidrofiliabilidade e boas propriedades mecânicas (Módulo de Young: 15 - 138 GPa; Resistência à tração: 91 - 260 MPa), outras características que tornam a CB um ótimo material para aplicações biomédicas são a sua alta porosidade, possibilidade de ser moldada em qualquer formato e ser manipulada com diferentes biopolímeros. Porém, uma desvantagem para a utilização de CB nessa área é a ausência de propriedades antimicrobianas. Todavia, é possível incorporar à estrutura da celulose substâncias que apresentam compostos com atividade antimicrobiana comprovada, promovendo a diversificação do seu uso para diversas aplicações. Nesse sentido, vários materiais podem ser utilizados para esse fim, como nanopartículas, compostos organometálicos, antibióticos, etc. Entretanto, alguns

desses materiais podem apresentar baixa biodegradabilidade e certa toxicidade para os humanos (DUARTE et al., 2019; SHARMA; BHARDWAJ, 2020).

A CB, quando incorporada com agentes antimicrobianos, pode ser utilizada como molde para vasos sanguíneos artificiais, pele artificial para tratamento de queimaduras, curativos, implantes dentários, entre outros (KLEMM et al., 2001; PACHECO et al., 2018; SHARMA; BHARDWAJ, 2020). No caso do tratamento de feridas, um curativo ideal deve ser similar a uma pele sintética, com propriedades como controle de perda de fluidos, biocompatibilidade, não-toxicidade, redução de dor, manutenção da umidade da ferida, etc. A CB pode ser utilizada como pele artificial uma vez que a sua porosidade permite a transferência de antibióticos e outros medicamentos para ferida. Dessa forma, a CB serve como uma barreira física eficiente contra qualquer tipo de infecção externa, tornando a CB um biomaterial promissor para este tipo de aplicação (CHAWLA et al., 2009; KHAN et al., 2015; SAJJAD et al., 2019; SHARMA; BHARDWAJ, 2020).

3.3 Métodos de incorporação de substâncias à CB

Uma das metodologias mais utilizadas para a inserção de compostos com o objetivo de conferir propriedades antimicrobianas à CB é de impregnação *ex situ*. Nesse caso, a incorporação de substâncias na matriz da celulose é realizada após a sua produção, a estrutura original da CB permanece quase inalterada. A interação entre os compostos e a CB acontece na forma física por aderência, ou química, por meio das pontes de hidrogênio entre os grupamentos hidroxila das cadeias de CB com os materiais adicionados (CACICEDO et al., 2016; SHAH et al., 2013).

Outro método relatado é realizar modificações químicas superficiais da CB, obtendo assim, uma capacidade adicional de adsorção das substâncias desejáveis. Com essa alternativa, é possível modificar o caráter hidrofílico da CB para um caráter hidrofóbico ou anfifílico, por exemplo. A modificação da superfície pode ser realizada por métodos *ex situ* de acetilação, silanização, carboxilação, fosforilação, entre outros. Desse modo, há uma enorme variedade de substâncias que são capazes de interagir com esse biomaterial, proporcionando a criação de novos dispositivos e produtos inovadores (SULAEVA et al., 2015).

Nesse sentido, substâncias como os óleos essenciais podem ser incorporados à CB. Entretanto, devido à natureza hidrofóbica dos OEs, é necessária uma melhor interação entre esses materiais. Assim, a partir do método *ex situ*, é possível substituir a água presente na membrana da CB por etanol, que possui menor polaridade e, portanto, favorecendo a incorporação devido à maior afinidade com os OEs (ALBUQUERQUE, 2019; CHEN; MICHAEL DAVIDSON; ZHONG, 2014).

3.4 Óleos essenciais

Os óleos essenciais (OEs) são misturas complexas de substâncias aromáticas e voláteis, principalmente terpenos, provenientes do metabolismo secundário das plantas. Os OEs podem ser extraídos por destilação à vapor de diferentes partes da planta, como flores, folhas, sementes, cascas, frutos e raízes. São imiscíveis em água e facilmente solúveis em solventes orgânicos (DE LUCA et al., 2021; DENKOVA-KOSTOVA et al., 2021; DIASS et al., 2021; LV et al., 2011). Os OEs são comumente usados em diversos setores, como nas indústrias alimentícia, agrícola, química, cosmética e farmacêutica. Além disso, os OEs têm recebido destaque na utilização como componente em embalagens de alimentos, no uso para cicatrização de feridas e engenharia de tecidos para desenvolver *scaffolds* de pele (AHMAD et al., 2022; DE LUCA et al., 2021).

Nesse sentido, a sua ampla utilização na medicina e aromaterapia vem recebendo destaque, pois os OEs e seus componentes apresentam propriedades antibacterianas, antifúngicas, antissépticas, anti-inflamatórias, inseticidas, antioxidantes, anti-câncer e antivirais, além de também terem efeito positivo no sistema nervoso, no estado emocional e mental (DENKOVA-KOSTOVA et al., 2021; EL FAWAL; OMER; TAMER, 2019). Ademais, os OEs estimulam a regeneração dos tecidos, fortalecem o sistema imunológico, exercem efeito curativo em órgãos e sistemas individuais (órgãos respiratórios e digestivos, sistema nervoso e circulatório) (SCHMIDT et al., 2010).

A atividade antimicrobiana dos OEs está relacionada a presença de grupos hidroxila fenólicos na estrutura de alguns de seus componentes, que são capazes de danificar as membranas celulares dos patógenos, resultando na liberação dos constituintes celulares e na morte dos microrganismos (CASALINI; BASCHETTI,

2022; LV et al., 2011; RAHIMIFARD et al., 2015). Além disso, os OEs possuem componentes hidrofóbicos que interagem com a parte lipofílica da membrana e mitocôndrias isoladas, o que causa a interrupção da sua integridade e de funções como transporte de elétrons, absorção de nutrientes, síntese de proteínas e ácidos nucleicos, e atividade enzimática (BAJPAI et al., 2009; BERISTAIN-BAUZA et al., 2019; SANDRI et al., 2007).

Por esse motivo, OEs apresentam atividade antimicrobiana contra diversos micro-organismos. Entretanto, a composição química dos OEs depende tanto das características da planta de origem, quanto da parte da planta da qual foram extraídos, além do próprio método de extração. Além disso, o surgimento de novas estratégias para melhorar o rendimento e o processo de produção de OEs levou ao desenvolvimento de novas cultivares. Dessa forma, os OEs apresentam uma grande variedade na composição química, que influenciam diretamente nas suas propriedades biológicas (AHMAD et al., 2022; CASALINI; BASCHETTI, 2022).

Ainda, os antimicrobianos naturais dos OEs podem influenciar no processo de cicatrização de feridas devido aos seus efeitos sobre fatores de crescimento (células epiteliais, fibroblastos, células endoteliais vasculares) como estimuladores de células de feridas e mecanismos celulares. Isto é, os compostos antimicrobianos aceleram e promovem a regeneração da pele, influenciando a migração celular e a deposição da matriz extracelular (DE LUCA et al., 2021; MOEINI et al., 2020; SCHULTZ et al., 2003; TSALA; AMADOU; HABTEMARIAM, 2013).

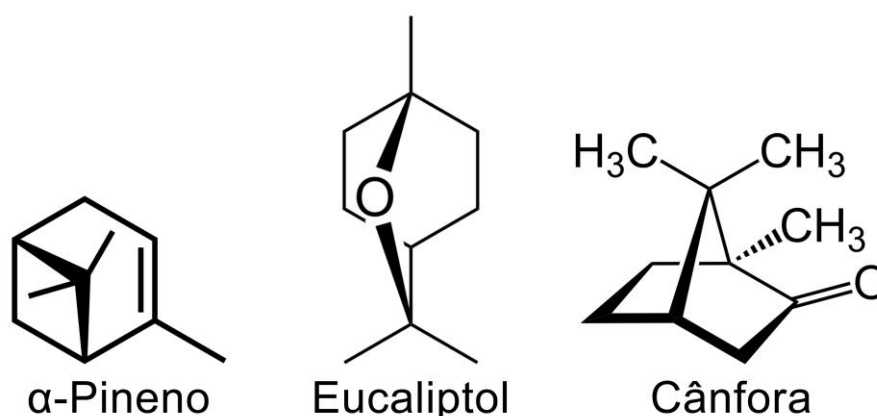
Devido a essas propriedades, diversos estudos vêm sendo realizados sobre a potencial aplicação de OEs e outros metabólitos secundários em aplicações de cicatrização de feridas, incorporando-os em biopolímeros para utilização como curativos (CASALINI; BASCHETTI, 2022; DE LUCA et al., 2021). Segundo diversos autores, os OEs que possuem potencial para utilização em curativo incluem o alecrim, canela, capim-limão, cravo, eucalipto, gengibre, lavanda, melaleuca, pimenta-preta, segurelha, tangerina, tomilho, entre outros (ABDOLLAHI; REZAEI; FARZI, 2012; AMALRAJ et al., 2020; ANTONIOLI et al., 2020; ARDEKANI et al., 2019; ATEF; REZAEI; BEHROOZ, 2015; KARAVASILI et al., 2020; RAFIQ et al., 2018; VASILE et al., 2020).

3.4.1 Óleo essencial de alecrim

O alecrim (*Rosmarinus officinalis*) é uma planta Mediterrânea da família Lamiaceae, que é cultivada mundialmente devido aos seus óleos essenciais e extratos, além do interesse no uso como especiaria e em suas diferentes atividades biológicas. Seu óleo essencial possui propriedades farmacológicas como elevada atividade antimicrobiana e propriedades antioxidantes. Devido a isso, é utilizado em diversas aplicações medicinais, como problemas do trato gastrointestinal, dores musculares e articulares, além de ser utilizado para aumentar a vida útil de produtos alimentícios e manter sua qualidade durante o armazenamento (AMANI; SAMI; REZAEI, 2021; MICIĆ et al., 2021; RAŠKOVIĆ et al., 2014).

A sua composição química varia de acordo com a regionalidade, sazonalidade, condições ambientais e agronômicas, além de variedades do próprio alecrim. De maneira geral, os principais compostos do óleo essencial de alecrim (OEA) são α -pineno (2–25%), eucaliptol (3–89%) e cânfora (2–14%) (Figura 3), entretanto, verbenona, borneol e acetato de bornila também foram relatados como uns dos principais compostos do OEA (ABDOLLAHI; REZAEI; FARZI, 2012; MICIĆ et al., 2021; TOPALA; TATARU, 2016).

Figura 3 - Principais componentes do óleo essencial de alecrim



Fonte: Adaptado de Topala e Tataru (2016).

O OEA é um agente antimicrobiano efetivo para diversas espécies de bactérias e fungos devido à presença de terpenos, principalmente eucaliptol, que pode afetar a viabilidade microbiana rompendo membranas e interagindo com enzimas vitais (GARCIA-SOTELO et al., 2019). A sua atividade antimicrobiana é comprovada contra

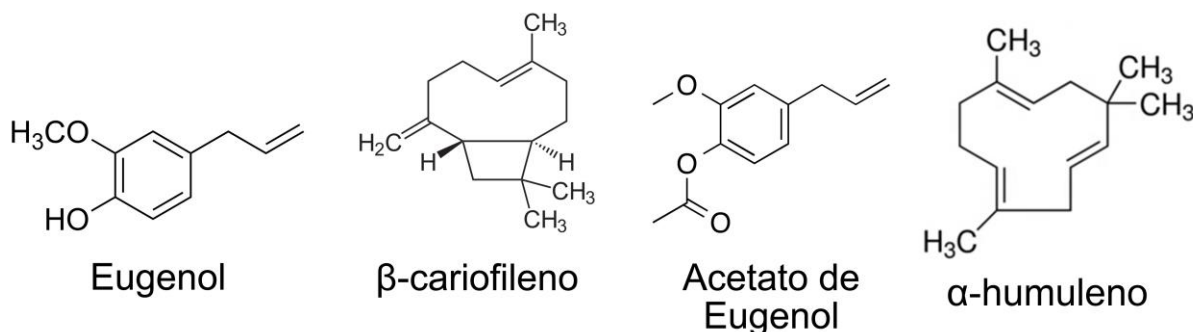
bactérias gram-positivas como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus agalactiae*, *Listeria monocytogenes*, *Lactococcus lactis*; contra bactérias gram-negativas como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella enteritidis*; e antifúngica contra *Candida albicans*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*; entre outros (ABDOLLAHI; REZAEI; FARZI, 2012; ALIZADEH-SANI; KHEZERLOU; EHSANI, 2018; DA SILVA BOMFIM et al., 2020; JIANG et al., 2011).

3.4.2 Óleo essencial de cravo

O cravo (*Eugenia caryophyllata*) é uma planta arbórea pertencente à família Myrtaceae, e é uma das especiarias mais importantes e valiosas, sendo amplamente utilizada na indústria alimentícia devido ao seu odor e sabor característicos e na indústria farmacêutica devido ao seu poder anestésico, analgésico local, anti-inflamatório e efeitos antibacterianos (CETIN BABAOGLU et al., 2017; SANTOS et al., 2011; SILVESTRI et al., 2010).

A composição química do seu óleo essencial consiste de 60 a 90% de eugenol, seu composto majoritário, enquanto que os 10-40% restantes são compostos por β -cariofileno, acetato de eugenol, α -humuleno, entre outros (Figura 4) (GONZALEZ-RIVERA et al., 2021; HARO-GONZÁLEZ et al., 2021). O eugenol é o principal responsável pelas propriedades antimicrobianas e antifúngicas do óleo essencial de cravo (OEC). Dessa forma, apresenta ação inibitória contra bactérias Gram-positivas como *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*; bactérias Gram-negativas como *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. enteritidis*; e fungos como *C. albicans*, *A. flavus*, *A. niger*, entre outros (DORMAN; DEANS, 2000; HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019; HOSSEINI; RAZAVI; MOUSAVI, 2009; RAHIMIFARD et al., 2015).

Figura 4 - Principais componentes do óleo essencial de cravo



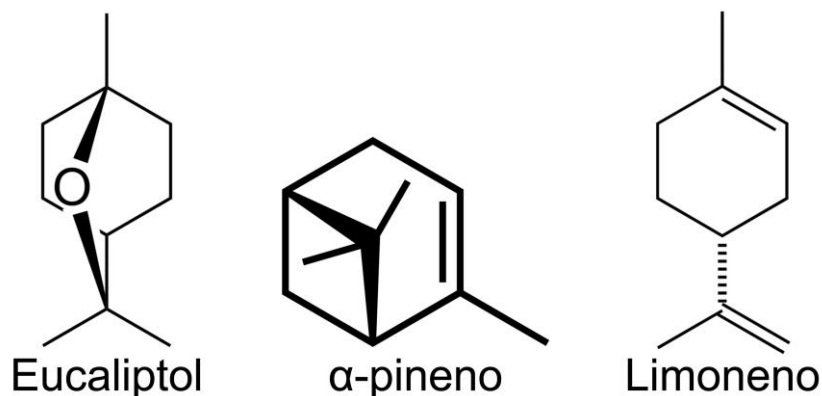
Fonte: Adaptado de Haro-González et al. (2021).

3.4.3 Óleo essencial de eucalipto

As espécies do gênero *Eucalyptus* são plantas aromáticas e medicinais que pertencem à família Myrtaceae, sendo utilizadas em produtos farmacêuticos e cosméticos, aromatizantes e conservantes de diversos alimentos devido às suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Dentre as espécies, destaca-se a *Eucalyptus globulus*, que é a principal espécie produtora de OEs e possui grande valor industrial pois pode ser utilizada como febrífugo, vermífugo, sedativo e antidiabético (HAFSA et al., 2016; SALEM et al., 2018).

Os componentes majoritários do óleo essencial de eucalipto (OEE) incluem eucaliptol (60–80%), α -pineno (1,5–23,5%) e limoneno (1–7%) (Figura 5), mas também possui β -pineno, α -felandreno, entre outros (BARANSKA et al., 2005; MEKONNEN et al., 2016; NOUMI et al., 2011). Esses componentes conferem ao OEE ação inibitória contra vários micro-organismos, como *S. aureus*, *Staphylococcus epidermidis* e *Streptococcus pyogenes* (bactérias Gram +), *E. coli*, *Salmonella typhi* e *P. aeruginosa* (bactérias Gram -), e vários fungos do gênero *Candida*, como *C. albicans*, *C. parapsilosis* e *C. glabrata*, por exemplo (MEKONNEN et al., 2016; NOUMI et al., 2011).

Figura 5 - Principais componentes do óleo essencial de eucalipto



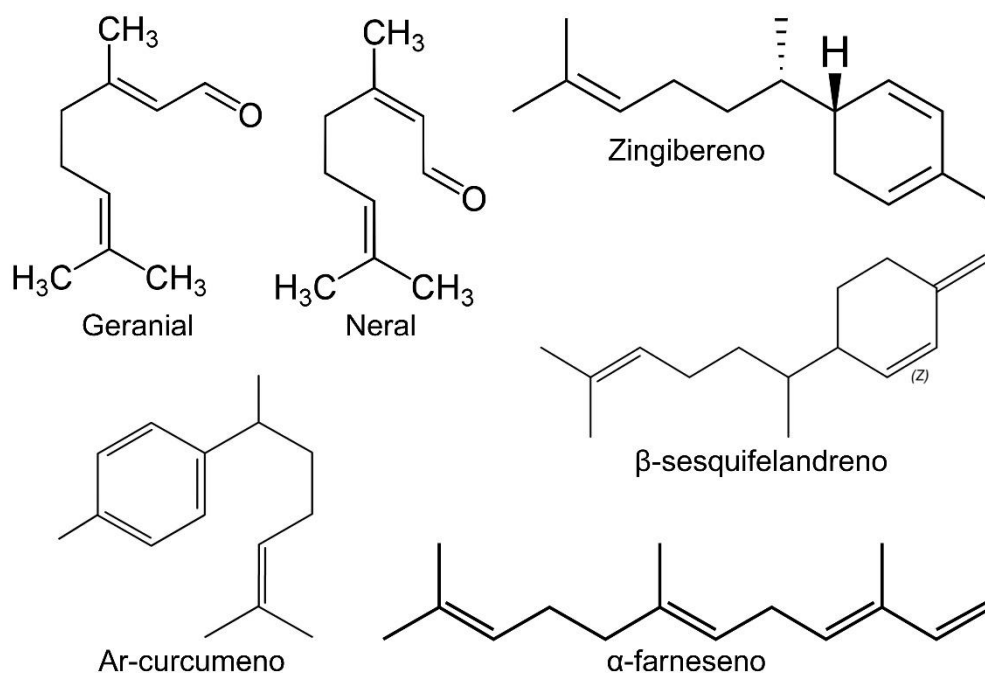
Fonte: Adaptado de Baranska et al. (2005).

3.4.4 Óleo essencial de gengibre

O gengibre (*Zingiber officinale*) é uma planta herbácea nativa da Ásia e pertencente à família Zingiberaceae. É amplamente utilizado como suplemento alimentar e dietético, além de ser utilizado na medicina tradicional em diversos países devido às suas propriedades analgésicas, antivirais, antidiabéticas, anti-inflamatórias, antioxidantes, antimicrobianas, entre outras. Devido a essas propriedades, o gengibre é recomendado contra diferentes distúrbios gastrointestinais e respiratórios. (BERISTAIN-BAUZA et al., 2019; FUNK et al., 2016).

O óleo essencial de gengibre (OEG) apresenta elevada ação antimicrobiana devido à presença de citral [(geranial (2–26%) e neral (1,7–8%)] zingibereno (4–29%), α-farneseno (0,5–5,5%), ar-curcumeno (1–9%) e β-sesquifelandreno (5–16%) (Figura 6) (GONG; FUNG; LIANG, 2004; MAHBOUBI, 2019; SINGH et al., 2005, 2008). Dessa forma, foi reportado que o OEG possui atividade antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas como *B. subtilis*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*; bactérias Gram-negativas como *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium*; e fungos como *C. albicans* e *A. niger* (HÉRITIER et al., 2018; SHARMA; SINGH; ALI, 2016; SILVA et al., 2018).

Figura 6 - Principais componentes do óleo essencial de gengibre



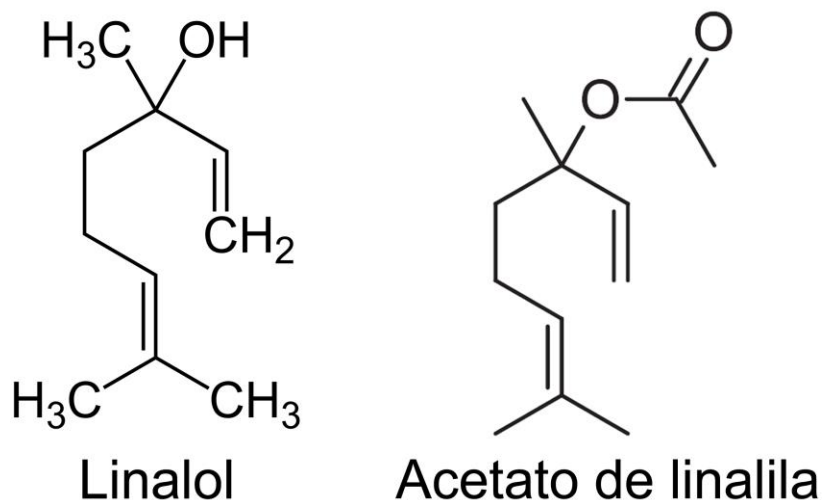
Fonte: Adaptado de Mahboubi (2019).

3.4.5 Óleo essencial de lavanda

Pertencente à família Lamiaceae, a lavanda (*Lavandula officinalis*) é amplamente distribuída na região do Mediterrâneo, sendo reconhecida como uma poderosa erva aromática e medicinal. A planta é utilizada na medicina tradicional em diferentes partes do mundo devido às suas propriedades analgésicas, ansiolíticas, antidepressivas, anti-inflamatórias, antimicrobianas, etc. Dessa forma, a lavanda é bastante utilizada no tratamento de distúrbios gastrointestinais, nervosos e reumáticos (DIASS et al., 2021; JAFARI-KOULAEI et al., 2020; SILVA et al., 2015).

A composição química do óleo essencial de lavanda (OEL) consiste majoritariamente de linalol (34–40%) e acetato de linalila (27–54%) (Figura 7), podendo ainda conter ocimeno, cânfora, terpinen-4-ol, entre outros, que conferem propriedades antimicrobianas, adstringentes e anti-inflamatórias, além de acelerar o processo de cura da ferida e reduzir cicatrizes (DIASS et al., 2021; SIENKIEWICZ et al., 2014; TRUZZI et al., 2021). Nesse sentido, o OEL é capaz de inibir o crescimento de *S. aureus*, *B. cereus*, *Listeria innocua* (bactérias Gram positivas), *E. coli*, *Clostridium perfringens*, *P. aeruginosa*, *S. typhi* (bactérias Gram negativas), além de várias cepas de *Candida* (DIASS et al., 2021; WELLS et al., 2018).

Figura 7 - Principais componentes do óleo essencial de lavanda



Fonte: Adaptado de Truzzi et al. (2021).

3.4.6 Óleo essencial de capim-limão

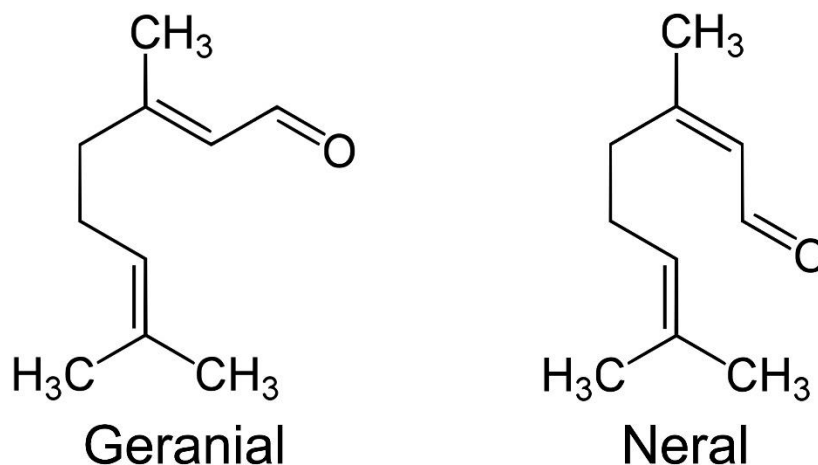
O capim-limão (*Cymbopogon flexuosus*) é uma planta herbácea da família *Poaceae* amplamente distribuída nas regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia e América. É tradicionalmente utilizada na indústria farmacêutica devido às suas propriedades antissépticas, sedativas, anti-inflamatórias e analgésicas, além de ter grande importância econômica na indústria alimentícia e cosmética (AVOSEH et al., 2015; MARTINS et al., 2021).

Além disso, o capim-limão possui alto teor de óleos essenciais, que são conhecidos pelas suas propriedades inseticidas e antimicrobianas, tendo inibição comprovada contra bactérias gram-positivas como *S. aureus*, *E. faecalis*, *Streptococcus mutans*; contra bactérias gram-negativas como *E. coli*, *Moraxella catarrhalis*, *S. enterica*, *P. aeruginosa*; e contra fungos como *C. albicans*, *Candida tropicalis*, *Cryptococcus albidus*, entre outros (AHMAD; VILJOEN, 2015; ANTONIOLI et al., 2020; MARTINS et al., 2021; VIKTOROVÁ et al., 2020).

A elevada atividade antimicrobiana do óleo essencial de capim-limão (OECL) advém do seu alto teor de citral [geranial (42–50%) e neral (25–38%)] (Figura 8), cuja ação é atribuída à diminuição do sensor de quórum (sensor de densidade microbiana), da formação de biofilme e da produção de endotoxina (ADUKWU et al., 2016; ANTONIOLI et al., 2020; SHI et al., 2017). O OECL também contém citronelol,

citronelal, limoneno, linalol, nerol, etc. (AVOSEH et al., 2015; VIKTOROVÁ et al., 2020).

Figura 8 - Principais componentes do óleo essencial de capim-limão



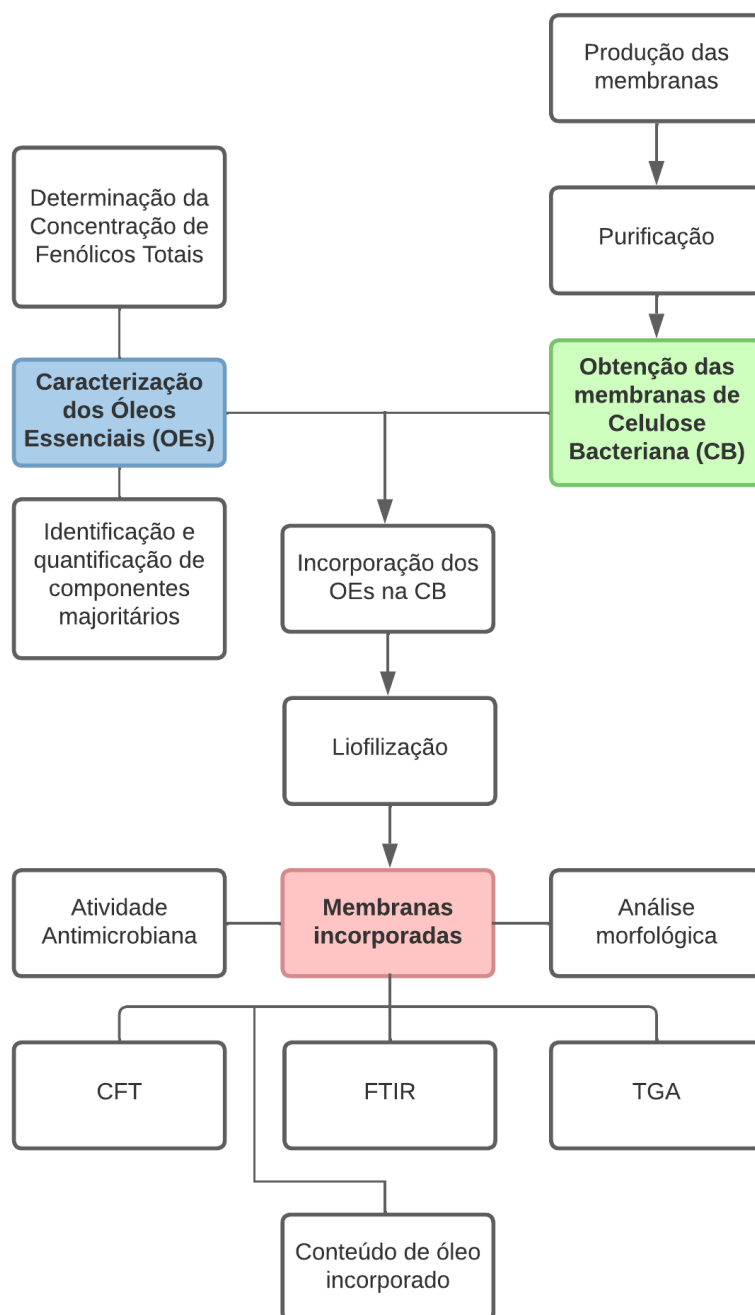
Fonte: Adaptado de Avoseh et al. (2015).

Nesse sentido, esses seis óleos essenciais selecionados para o trabalho se destacam, pois, são utilizados popularmente e são amplamente disponíveis. Ainda, apresentam diversas propriedades promissoras para aplicação como curativos, destacando-se as propriedades antimicrobianas, antissépticas, anti-inflamatórias e antioxidantes. Além desses fatores, devido à semelhança da composição (fenóis, terpenos, etc.) desses OEs, é possível fazer um comparativo entre eles a partir dos resultados das análises e determinar quais componentes apresentam melhor desempenho antimicrobiano e qual a influência dos mesmos nas membranas de CB.

4 METODOLOGIA

A sequência dos procedimentos metodológicos que foram utilizados nesta dissertação está apresentada na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Como mostra a Figura 9, após a obtenção das membranas de CB, são realizadas as incorporações e caracterizações das amostras de CB, OEs e CB incorporadas.

4.1 Produção de celulose bacteriana

A síntese das membranas de celulose bacteriana foi realizada pela bactéria *Komagataeibacter hansenii*, da linhagem ATCC 23769. Inicialmente, a bactéria foi ativada em meio de cultivo contendo 25 g/L de glicose, 5 g/L de extrato de levedura e 3 g/L de peptona, com pH ajustado em 6,5 e densidade óptica entre 0,9 e 1. Em seguida, o inóculo foi transferido para meio de cultivo adaptado de Hestrin e Schramm (1954), contendo 1,15 g/L de ácido cítrico, 2,7 g/L de fosfato de sódio dibásico, 5 g/L de extrato de levedura, 5 g/L de peptona e 20 g/L de glicose, a uma taxa de 20%. Esta etapa foi conduzida utilizando tubos do tipo ® Falcon de 50 mL com 20 mL de meio de cultivo, incubados em estufa durante 12 dias, a 30 °C em condição estática.

As membranas de CB formadas na superfície do meio de cultivo foram retiradas e lavadas com água destilada. Após a lavagem, as CBs foram tratadas com solução 0,1 M de NaOH para remoção das bactérias. Posteriormente, as membranas foram lavadas com água destilada por repetidas vezes para remoção de restos celulares bacterianos e excesso de NaOH. O processo de lavagem foi finalizado após a neutralização do pH da água de lavagem (NEVES et al., 2018).

Por fim, as membranas de CB foram esterilizadas em autoclave por 20 min, seguidas de acondicionamento em geladeira. As membranas úmidas foram submetidas aos processos de incorporação com os óleos essenciais e, posteriormente, às análises de caracterizações biológicas e estruturais (MEV-FEG, TGA, FTIR, etc). Além disso, algumas amostras puras foram liofilizadas para as mesmas análises e caracterizações.

4.2 Incorporação dos óleos essenciais

Os óleos essenciais de alecrim, cravo, eucalipto, gengibre, lavanda e capim-limão foram adquiridos da empresa Phytoterápica (Solua Comercial LTDA). No Anexo A e Anexo B estão apresentadas algumas características e as composições dos OEs, fornecidas pelos fabricantes. Todos os OEs foram obtidos por destilação por arraste de vapor.

Seguindo a metodologia adaptada de Albuquerque (2019), as membranas de CB foram inicialmente imersas em 150 mL de etanol a 60 °C por 10 min. Após, a CB foi imersa em uma solução contendo 3,0 g do OE em 20 mL de etanol e foi aquecida

a 60 °C em estufa até evaporação da solução. Por fim, a CB incorporada com o OE foi liofilizada e armazenada para as análises.

4.3 Conteúdo de óleo essencial incorporado

As quantidades reais de OE incorporada nas CBs foram determinadas pelo método adaptado de Ngampunwetchakul et al. (2019). Cada amostra foi submersa em 20 mL de diclorometano por 24 h para extrair o óleo. Em seguida, as absorbâncias das soluções foram medidas por um espectrofotômetro UV-vis no comprimento de onda de 235 nm. As quantidades reais de OE nas amostras foram então calculadas a partir dos dados obtidos contra uma curva de calibração elaborada para cada OE.

Os OEs puros e os OEs extraídos das CBs foram analisados por Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS) em um equipamento Agilent GC:7890A, MS:5975C no Laboratório de Análise Instrumental I da Univille. O equipamento foi operado utilizando um volume de injeção de 1 µL no modo Split-Splitless. A coluna utilizada foi a HP-5ms, com dimensões de 30 m x 250 µm x 0,25 µm. O gás carreador foi hélio com fluxo de 1,2 mL/min, a temperatura do injetor foi 280 °C. A temperatura inicial do forno foi de 50 °C com uma isoterma de 2 minutos, depois aumentado para 300 °C a uma taxa de 10 °C/min e mantida nessa temperatura por 5 minutos. A temperatura da interface foi de 300 °C, a temperatura da fonte de íons de 230 °C e a ionização por impacto de elétrons (EI) 70 eV. Os espectros de massa foram analisados no modo SCAN. Os OEs puros foram diluídos na proporção de 1:100 com diclorometano para a análise.

4.4 Concentração de fenólicos totais

Os compostos fenólicos estão envolvidos com as propriedades funcionais dos fitoterápicos (MOREIRA et al., 2014). Dessa forma, a concentração de fenólicos totais (CFT) foi avaliado nos OEs antes e após a incorporação nas membranas de CB.

Para tanto, 40 µL de OEs (a 15% em etanol) (ou padrão de ácido gálico, para a curva de calibração) foi adicionado de 3,2 mL de água destilada e 200 µL do reagente de Folin-Ciocalteu. A mistura foi levemente agitada e deixada no escuro por 5 min em um tubo Falcon de 15 mL. Após, foi adicionada 600 µL de uma solução saturada de carbonato de sódio (Na_2CO_3), a solução foi agitada em vortex por alguns

segundos e deixada no escuro a temperatura ambiente por 1 h. Por fim, as amostras foram transferidas para cubetas e as absorbâncias foram medidas utilizando um espectrofotômetro, com um comprimento de onda (λ) de 765 nm. Os teores de fenólicos totais foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por g de amostra seca, sendo determinados pela equação da reta da curva de calibração e pela Equação 1. O branco foi elaborado da mesma forma, apenas substituindo o extrato por água destilada. No caso das membranas incorporadas, as membranas foram imersas em 20 mL de etanol por 24 h para extrair os compostos fenólicos, cujas soluções foram submetidas ao mesmo procedimento (EL FAWAL; OMER; TAMER, 2019; PHUYAL et al., 2020; SOUZA, 2013; WATERHOUSE, 2002).

$$C_f = \frac{C_{AG}}{\rho} \quad (1)$$

Onde C_f é concentração de fenólicos totais em mg EAG/g OE. C_{AG} é a concentração de ácido gálico obtido pela curva de calibração em mg/mL e ρ é a densidade dos OEs em g/mL.

Para quantificar os compostos fenólicos das amostras, a curva de calibração foi elaborada com um padrão de ácido gálico. A solução padrão foi feita diluindo 0,5 g de ácido gálico em 10 mL de etanol PA em um balão volumétrico de 100 mL, o volume foi completado com água destilada, resultando em uma concentração final de 5 g/L. Para as diferentes concentrações da curva, a solução foi diluída para 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 e 0,5 mg/mL. Assim, a curva de calibração foi elaborada utilizando-se as absorbâncias em função das concentrações conhecidas (SOUZA, 2013; WATERHOUSE, 2002).

Foi realizada a análise de variância (ANOVA), complementada pelo teste de Tukey, para possíveis valores próximos de CFT entre as amostras. O nível de significância p utilizado foi de 5% ($p \leq 0,05$). A análise foi realizada em triplicata.

4.5 Caracterizações estruturais

A caracterização dos grupamentos funcionais dos OE, da CB pura e das CBs incorporadas foi realizada por espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), em um equipamento da Perkin Elmer Frontier, no

Laboratório de Materiais da Univille. Foram realizadas 32 varreduras por amostra, de 650 a 4000 cm^{-1} , com resolução de 2 cm^{-1} , no modo de refletância total atenuada (ATR).

Para avaliar a influência da adição dos OE na estabilidade térmica da CB foi utilizada a técnica de TGA. Trata-se de uma técnica destrutiva, que envolve a medida da variação de massa da amostra sólida em função da temperatura, em um determinado intervalo de tempo. A análise foi realizada em um equipamento TGA-Q50 (TA Instruments) no Laboratório de Materiais da Univille. As amostras foram aquecidas de 25 a 1000 °C a 10 °C/min em um porta-amostra de platina, sob atmosfera inerte (N_2) com fluxo de gás de 50 mL/min. As curvas termogravimétricas (TG) e a 1ª derivada das curvas termogravimétricas (DTG) foram obtidas no software TA Universal Analysis.

Para realizar uma análise estrutural, foram feitas micrografias utilizando um microscópio eletrônico de varredura de alta resolução (MEV-FEG) da marca JEOL, modelo JSM-6701F, no Laboratório de Caracterização de Materiais da UDESC. As amostras foram recobertas com ouro e a análise foi conduzida com 5 kV de tensão de aceleração. Essa análise foi feita para obter micrografias dos materiais formados, para saber se os métodos de incorporação dos OE foram eficientes, além de observar as formas das partículas.

4.6 Atividade antimicrobiana

As amostras incorporadas com OE tiveram suas capacidades inibitórias avaliadas contra o fungo *Candida albicans* (ATCC 10231), e contra as bactérias Gram-negativa *Escherichia coli* (ATCC 8739) e Gram-positiva *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), utilizando-se o método de difusão em disco adaptada de Kirby & Bauer (1966).

Os micro-organismos testes foram pré-cultivados em caldo nutriente, durante 24 h a 35 °C. Após o cultivo, os micro-organismos foram diluídos em solução salina até atingir um padrão de turvação de 0,5 da escala McFarland e inoculados uniformemente com *swab* em placas de Petri contendo meio Mueller-Hinton. Por fim, as amostras cortadas em discos com diâmetro de 6 mm foram distribuídas sobre as placas, que foram armazenadas em estufa a 37 °C por 24 h. Foi adotado o teste de halos de inibição para avaliar a atividade antimicrobiana das amostras, onde os

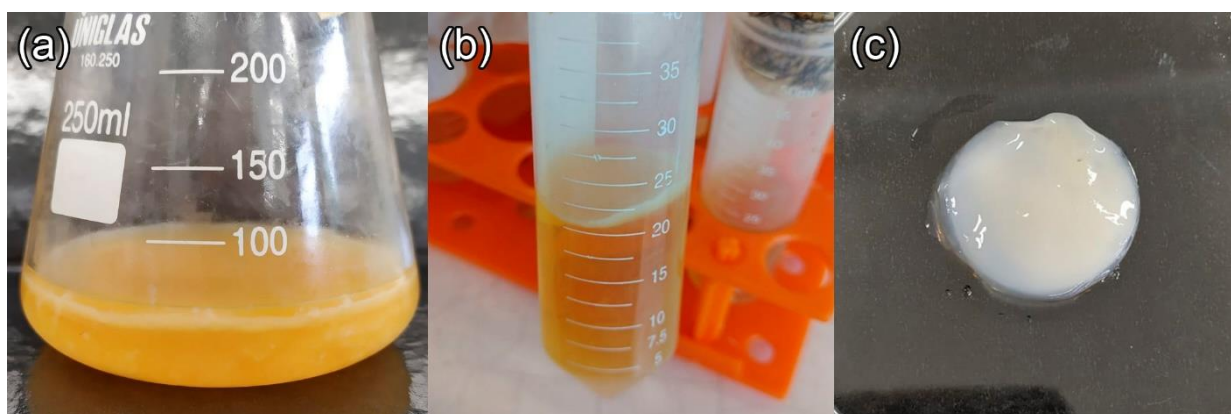
diâmetros dos halos foram medidos com paquímetro (HUDZICKI, 2009; TABAI e EMTIAZI, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produção de celulose bacteriana

Na Figura 10 são apresentadas as imagens das amostras de CB.

Figura 10 - Amostras de CB: (a) inóculo de *K. hansenii*, (b) membrana de CB sintetizada em tubo Falcon e (c) membrana de CB após purificação

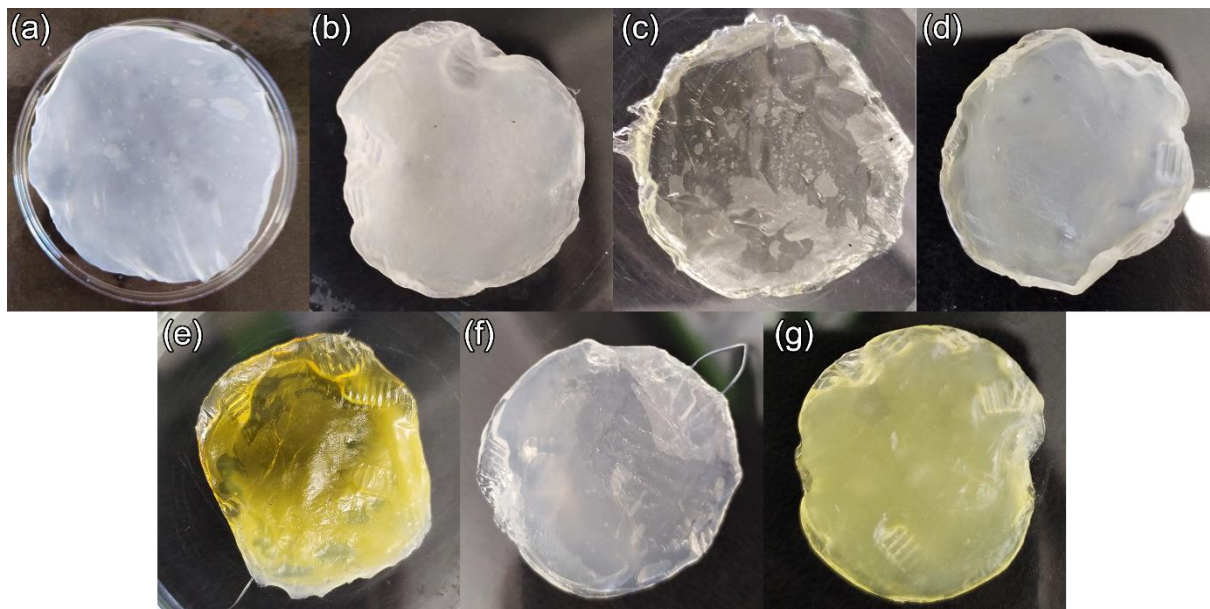


Observou-se a formação de uma membrana gelatinosa e amarelada na interface líquido-ar do meio de cultivo já na etapa de ativação (inóculo) da *K. hansenii* em meio adaptado de Hestrin e Schramm (1954) (Figura 10a), demonstrando a eficácia desse micro-organismo na biossíntese de celulose. Em seguida, foi realizada a inoculação e observou-se a formação de uma membrana de CB mais espessa e definida após os 12 dias de cultivo, como demonstra a Figura 10b. Por fim, foi realizada a coleta e purificação da CB, que apresentou cor esbranquiçada após a remoção dos micro-organismos e componentes do meio de cultivo (Figura 10c).

5.2 Incorporação dos óleos essenciais

Na Figura 11 são apresentadas as imagens das amostras após incorporação com óleos essenciais (OE).

Figura 11 - Aspectos físicos das membranas de CB (a) pura, incorporadas com (b) OE de alecrim (CB/A), (c) OE de cravo (CB/C), (d) OE de eucalipto (CB/E), (e) OE de gengibre (CB/G), (f) OE de lavanda (CB/L) e (g) OE de capim-limão (CB/CL)

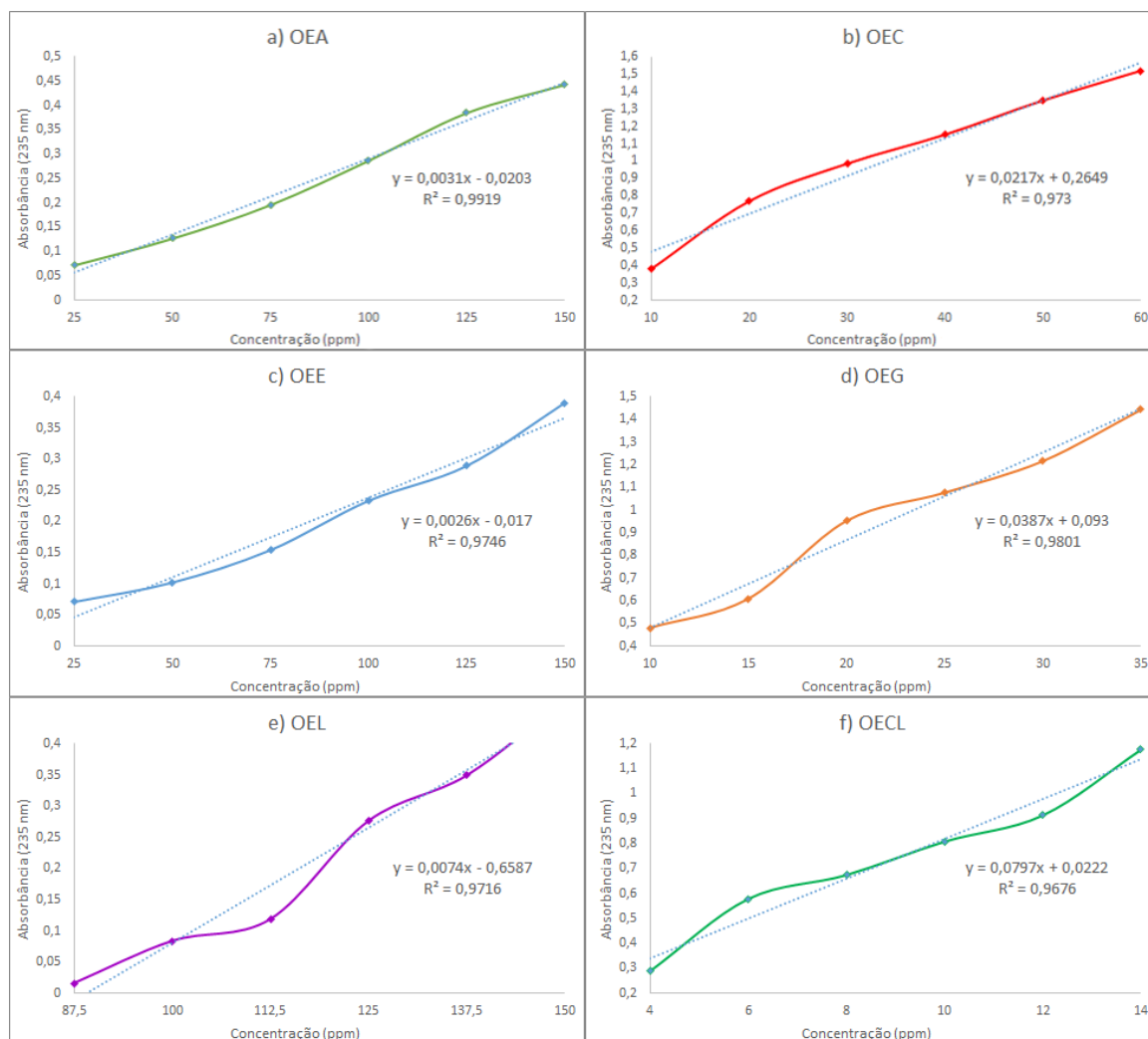


A coloração esbranquiçada da CB (Figura 11a) não foi alterada significativamente após a incorporação com alecrim e eucalipto (Figura 11b e Figura 11d, respectivamente), porém, notou-se um aumento da opacidade da membrana. A amostra de CB/C (Figura 11c) obteve uma coloração levemente amarelada, porém translúcida; a CB/L (Figura 11f) manteve uma coloração semelhante à da CB pura; e as amostras de CB/G e CB/CL (Figura 11e e Figura 11g, respectivamente) apresentaram uma coloração amarelada. Todas as amostras obtiveram um aspecto pegajoso devido aos OEs, bem como aromas característicos de cada óleo.

5.3 Conteúdo de óleo essencial incorporado

As curvas de calibração elaboradas para cada OE estão apresentadas na Figura 12.

Figura 12 - Curvas de calibração dos OEs



A partir dessas curvas e dos dados obtidos por espectrofotometria, foram calculados os conteúdos de OE incorporados nas membranas de CB, que encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Leitura de absorbância e massa de OE incorporado às amostras de CB

Amostra	Absorbância	Diluição	Concentração (ppm)	Massa de OE (g)
CB/A	0,169	1:2000	122.129,032	2,443
CB/C	1,203	1:2000	86.460,829	1,729
CB/E	0,174	1:2000	146.923,077	2,938
CB/G	0,845	1:12000	233.178,295	4,664
CB/L	0,296	1:2000	257.756,757	5,155
CB/CL	0,781	1:12000	114.248,432	2,285

Quando se analisa linearidade, quanto mais próximo do valor absoluto de 1,000 for o valor do coeficiente de linearidade, mais linear é a dispersão dos dados (BRITO et al., 2003). Nesse caso, a partir da regressão linear dos dados analisados, foram obtidos resultados para o coeficiente de linearidade (R^2) das curvas de calibração de cada OE muito próximos de 1,000. Portanto, o método analítico utilizado apresenta uma forte correlação.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que a incorporação de OEs à CB foi eficaz, pois as leituras de todas as amostras indicaram a impregnação de mais de 50% dos OEs em massa, quando comparado à massa inicial de 3 g de OE. Entretanto, os pontos das curvas de calibração das amostras foram realizadas com baixas concentrações, como pode ser observado na Figura 12 e, ainda, foi necessário diluir as soluções de extração dos OEs nas CBs para ser possível a leitura em espectrofotômetro. Dessa forma, a leitura desses resultados se torna bastante sensível e suscetível a erro humano, o que pode ter ocasionado a maior quantidade mássica das amostras de CB/G e CB/L, que tiveram massas de OE maior que 3 g. Além disso, é possível que parte dessa massa calculada seja referente a um residual de etanol nas membranas, que foi extraído juntamente com os OEs pelo diclorometano.

Nesse sentido, a análise de cromatografia gasosa (GC-MS) foi realizada para complementar os resultados da espectroscopia. Na Tabela 2 são apresentadas as concentrações dos principais compostos identificados através da biblioteca e dos espectros de massa na análise de GC-MS dos OEs puros e das CBs incorporadas. Os cromatogramas dos OEs puros e das CBs incorporadas e as curvas de calibração dos compostos encontram-se no Apêndice A e Apêndice B, respectivamente.

Tabela 2 – Principais componentes dos OEs detectados por GC-MS

Componentes	Amostra	Concentração (%)	Amostra	Concentração (ppm)
Eucaliptol	OEA	72,222	CB/A	4.640
Cânfora		13,366		258,133
α -pineno		4,105		6,164
Eugenol	OEC	86,809	CB/C	76.860
β -cariofileno		11,397		nd
Eucaliptol	OEE	89,303	CB/E	4.220

Limoneno		8,259		4.120
Ar-curcumeno		2,215		364.440
Zingibereno		3,651		102.840
β -sesquifelandreno	OEG	1,484	CB/G	232.440
Neral		6,882		117.360
Geranial		9,536		151.200
β -cariofileno		10,709		93.240
Linalol	OEL	45,298	CB/L	126.880
Acetato de linalila		35,844		126.980
Neral	OECL	30,292	CB/CL	60.360
Geranial		41,572		85.680

*nd = não detectado.

O composto em maior concentração nos óleos essenciais de alecrim e eucalipto foi o eucaliptol, como mostra a Tabela 2. Esse resultado para ambos os OEs é corroborado pela literatura (AHMAD et al., 2022; BOUKHATEM et al., 2014; FERNANDES et al., 2014; JIANG et al., 2011; RAŠKOVIĆ et al., 2014; SHARMA et al., 2021), entretanto, alguns estudos relatam uma maior concentração de α -pineno no OEA (*Rosmarinus officinalis*) (HOSSEINI et al., 2021; MICIĆ et al., 2021). As concentrações em ppm dos compostos da CB/A e CB/E foram baixas em relação às demais amostras, que pode ser devido a uma maior volatilização desses OEs e seus componentes durante a incorporação na CB. Ainda, foram identificados cânfora e α -pineno para as amostras de alecrim, e limoneno para as amostras de eucalipto.

Para o OEC, foram identificados dois compostos: eugenol e β -cariofileno. Como reportado em literatura, o eugenol é o composto majoritário do OEC (HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019; RADÜNZ et al., 2019; SILVESTRI et al., 2010) e, conforme demonstra a Tabela 2, seu percentual foi de quase 90%. A amostra incorporada manteve uma elevada concentração de eugenol, entretanto, não foi identificado o β -cariofileno que, no óleo puro, representou cerca de 11% da composição.

O óleo essencial de gengibre apresentou a maior variedade na sua composição, onde foram identificados β -cariofileno, neral e geranial (cital), que apresentaram maior percentual, além de ar-curcumeno, zingibereno e β -sesquifelandreno. A literatura descreve a presença desses compostos, além da

presença de isobutirato de geranila, canfeno, β -bisaboleno, entre outros (GONG; FUNG; LIANG, 2004; MUTLU-INGOK et al., 2021; SINGH et al., 2005). Por outro lado, os compostos com maiores concentrações na CB/G foram ar-curcumeno e β -sesquifelandreno. Esse resultado pode ser devido à uma maior volatilização do β -cariofileno, neral e geranial durante a incorporação.

Os OEs de lavanda e capim-limão apresentaram dois compostos majoritários cada: linalol e acetato de linalila, e neral e geranial, respectivamente, que estão de acordo com a literatura (AHMAD; VILJOEN, 2015; DE SOUZA et al., 2020; POKAJEWICZ et al., 2021; POPA et al., 2021; SILVA et al., 2015; VIKTOROVÁ et al., 2020). A amostra de CB/CL manteve o geranial como o composto com maior concentração, enquanto que a CB/L teve uma concentração muito próxima entre os seus dois compostos, sugerindo uma maior volatilização do linalol.

A literatura ainda aponta alguns compostos em menor concentração que não foram detectados (vide item 3.4). Embora esses compostos não tenham sido identificados nessa análise, os laudos fornecidos pela empresa (Anexo B) apontam a presença desses compostos.

Ainda assim, todos os OEs testados apresentaram composições químicas semelhantes às encontradas em literatura, porém, com variações na concentração dos compostos. A composição química dos óleos essenciais é bastante variável, uma vez que depende do método e tempo de extração do OE, tipo e concentração dos solventes, das espécies envolvidas, das condições climáticas e do solo onde a planta foi cultivada e, ainda, de como foi realizado o processamento da planta pós-colheita (ALI; COTTRELL; DUNSHEA, 2022; POKAJEWICZ et al., 2021).

5.4 Concentração de fenólicos totais

As concentrações de compostos fenólicos totais (CFT) presentes nas soluções de OE a 15% e nas amostras incorporadas foram determinados por meio da técnica de turbidimetria utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. Para tanto, foi construída uma curva de calibração (Figura 13) tendo ácido gálico como padrão. Os resultados de CFT estão apresentados na Tabela 3.

Figura 13 – Curva de calibração do ácido gálico

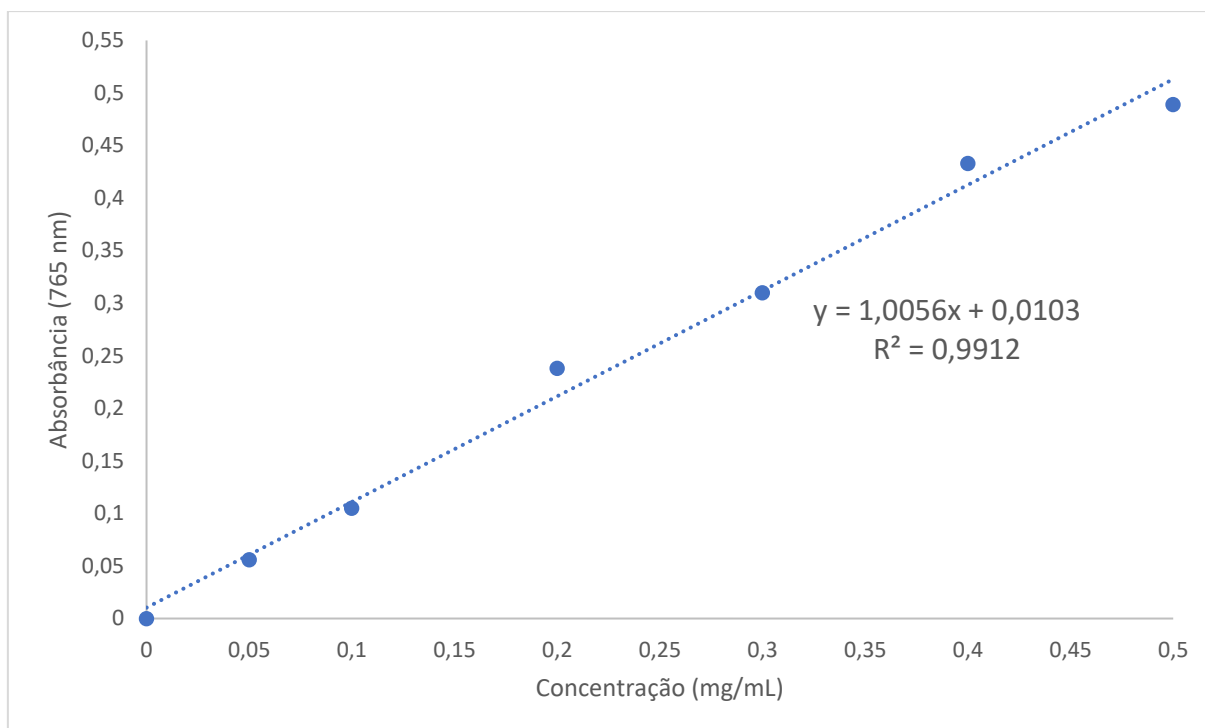


Tabela 3 - Concentração de fenólicos totais das amostras

Amostra	CFT (mg EAG/g OE)	Amostra	CFT (mg EAG/g OE)
OEA	0,093 ± 0,007 ^{e, f}	CB/A	0,088 ± 0,006 ^{e, f}
OEC	5,656 ± 0,083 ^a	CB/C	2,316 ± 0,021 ^b
OEE	0,083 ± 0,028 ^{e, f}	CB/E	0,033 ± 0,002 ^{e, f}
OEG	0,758 ± 0,104 ^c	CB/G	0,277 ± 0,016 ^d
OEL	0,142 ± 0,036 ^{d, e}	CB/L	0,002 ± 0,001 ^f
OECL	0,639 ± 0,077 ^c	CB/CL	0,147 ± 0,013 ^{d, e}

*Letras diferentes indicam diferenças nas colunas ($p \leq 0,05$)

Foram separados os grupos de acordo com os resultados do teste de Tukey, como demonstra a Tabela 3. Os valores obtidos para os grupos são estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$).

Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram que o óleo essencial de cravo (OEC) possui a maior concentração de fenólicos totais entre os OEs testados, devido à um elevado percentual de eugenol na sua composição. Essa CFT foi semelhante à reportada por Kopp (2020), que obteve um valor de $5,21 \pm 0,07$ mg

EAG/g do OEC puro, porém, inferior à concentração obtida por Radünz et al. (2019), cujo resultado reportado foi de 9,07 mg EAG/g.

Os OEs de gengibre (OEG) e capim-limão (OECL) apresentaram valores próximos entre si. A CFT obtida para o OEG é inferior à relatada por Gan et al. (2016), que combinaram técnicas de extração de fluido supercrítico e destilação molecular para obter diferentes óleos de gengibre, e apresentaram um valor de 19,72 mg EAG/g para o OEG. Da mesma forma, o valor obtido de CFT do OECL foi inferior ao reportado na literatura, como nos trabalhos de Mirghani, Liyana e Parveen (2012) e Soliman, Salaheldin e Amer (2017), que obtiveram aproximadamente 2,1 mg EAG/g e 7,55 mg EAG/g, respectivamente.

Os demais OEs apresentaram valores baixos de CFT, destacando-se OEA e OEE, que apresentaram as menores CFT dentre os OEs selecionados. Alvarez et al. (2019) obtiveram um valor de CFT de 8,9 mg EAG/g para OEA; Sharma et al. (2021) reportaram um valor de CFT de 3,375 mg EAG/g de OE extraído das folhas de *Eucalyptus globulus*; e Popa et al. (2021), em um trabalho de caracterização de seis espécies da família Lamiaceae, relataram uma CFT de 0,258 mg EAG/g para o OEL, que foi o menor valor observado dentre as amostras, cujo resultado é relativamente próximo ao obtido nesse trabalho.

Notou-se uma diminuição expressiva das CFTs das CB incorporadas, que pode estar relacionada a uma volatilização desses componentes na etapa de incorporação/liofilização ou, ainda, uma baixa extração do óleo pelo etanol para a realização do teste. Destaca-se a amostra de CB incorporada com lavanda, que teve uma diminuição significativa de CFT, sendo a amostra com menor valor observado.

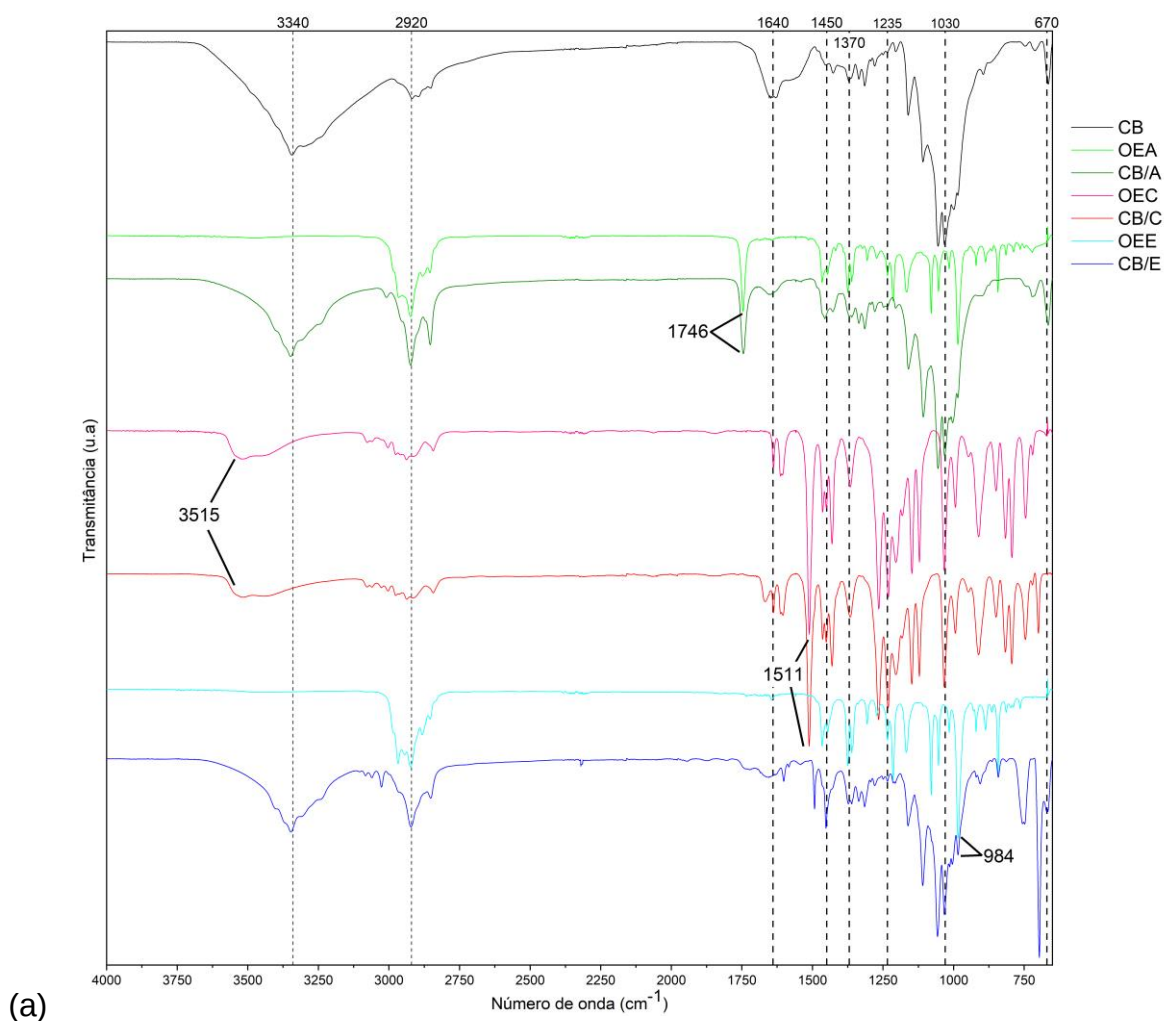
O cálculo de CFT abrange ácidos fenólicos, flavonoides, isoflavonoides, lignanas, estilbenos e outros polifenóis. A variação nos valores de CFT obtidos reflete a diversidade desses compostos fenólicos e sua capacidade de reduzir o reagente de Folin-Ciocalteu. Além disso, a diferença observada entre os resultados do trabalho e os obtidos em literatura são justificadas pois os OEs são diluídos em uma solução etanólica para a incorporação, o que explica a redução dos valores de CFT. Ainda, essa diferença pode ser atribuída ao método de determinação de CFT empregado, bem como os fatores que influenciam na composição dos OEs, como discutido no item anterior (ALI; COTTRELL; DUNSHEA, 2022; JACOBSON et al., 2005; LEMOS et al., 2011).

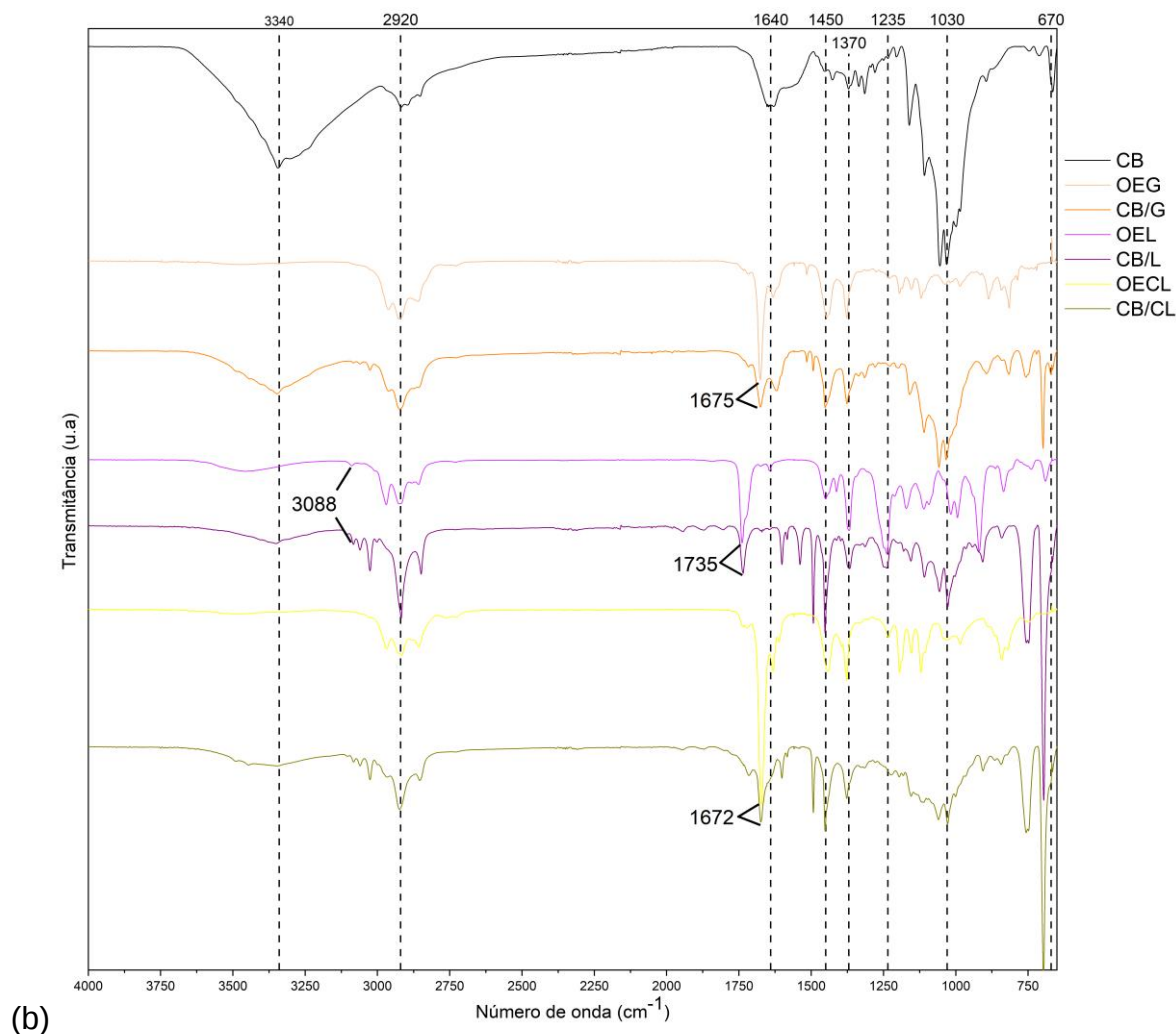
5.5 Caracterizações estruturais

5.5.1 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros de FTIR das amostras de CB, óleos essenciais de alecrim (OEA), cravo (OEC), eucalipto (OEE), gengibre (OEG), lavanda (OEL) e capim-limão (OECL); e as CBs incorporadas com OE (CB/A, CB/C, CB/E, CB/G, CB/L, CB/CL) estão apresentados na Figura 14. Enquanto que as principais bandas obtidas se encontram no Apêndice C.

Figura 14 - Espectros de FTIR das amostras: (a) comparativo entre CB e amostras incorporadas com alecrim, cravo e eucalipto e (b) comparativo entre CB e amostras incorporadas com gengibre, lavanda e capim-limão





Observando a Figura 14 e o Apêndice C, a amostra de CB apresentou bandas de alta intensidade em 3344 cm^{-1} , que é atribuída ao estiramento axial de grupos hidroxila, presente em compostos orgânicos (RICCI et al., 2015). Outras bandas referentes à presença de grupos OH foram observadas em 1205 e 664 cm^{-1} , sendo atribuídas à ligação no plano e deformação angular fora do plano, respectivamente (BARUD, 2010). Bandas referentes às ligações C-H de grupos metila foram observados em 2896 e 895 cm^{-1} , devido ao estiramento e deformação angular, respectivamente (GEA et al., 2011; PECORARO et al., 2007). Ainda, foram observadas diversas bandas atribuídas ao estiramento de grupamentos C-O, como as bandas em 1336 , 1161 , 1109 , 1055 e 1032 cm^{-1} (BORGES et al., 2015; FALCÃO; ARAÚJO, 2013; KAČURÁKOVÁ et al., 2002; PECORARO et al., 2007). Além disso, vale destacar a banda observada em 1641 cm^{-1} que, no caso da CB, se refere à deformação angular de água, demonstrando a sua hidrofiliabilidade (BARUD, 2010).

Nas amostras incorporadas surgiram diversas bandas referentes aos óleos

essenciais, como bandas características de ligação C-H. Destacam-se a banda referente ao estiramento C-H em grupos vinílicos em 3083 cm^{-1} , que é atribuída à presença de linalol e acetato de linalila na amostra de CB/L (MOTELICA et al., 2021; TRUZZI et al., 2021); em torno de 3026 cm^{-1} nas amostras de CB/E, CB/L e CB/CL, atribuídas ao estiramento em anéis aromáticos (ADEPU; KHANDELWAL, 2020); em 2927 cm^{-1} , referentes ao estiramento em compostos alifáticos saturados nas amostras de CB/E, CB/G, CB/L e CB/CL (MAULIDNA et al., 2020); em 2857 cm^{-1} para CB/A, CB/E e CB/CL, correspondentes a deformação axial em moléculas alifáticas (ANTONIOLI et al., 2020); e em torno de 1463 cm^{-1} , referentes à vibração de flexão de C-H em CH_2 e CH_3 de anéis aromáticos, observado em todas as amostras incorporadas (MÉNDEZ, 2017).

Bandas referentes ao estiramento de grupos C=O foram observadas em torno de 1735 cm^{-1} para as amostras de CB/A, CB/L e CB/CL, advindas da cânfora, acetato de linalila e citral (neral e geranial), respectivamente (DZIMITROWICZ et al., 2019; MARTINS et al., 2021; TRUZZI et al., 2021); em torno de 1675 cm^{-1} para CB/G e CB/CL, referentes ao citral (ANTONIOLI et al., 2020); e em torno de 1272 cm^{-1} para CB/A e CB/E (GONZALEZ-RIVERA et al., 2021).

Outras bandas que podem ser destacadas são as referentes ao eugenol presente em grande quantidade no óleo essencial de cravo, que foram observadas na amostra de CB/C em 3515 e 1604 cm^{-1} , atribuídas ao estiramento de O-H ligado ao benzeno e estiramento de C=C de anel aromático, respectivamente (HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019; KOPP, 2020; MÉNDEZ, 2017). Em 1512 cm^{-1} , referentes ao estiramento de ligações C=C em anéis aromáticos, observados nas amostras de CB/C e CB/G (HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019; MÉNDEZ, 2017). As bandas em 1198 cm^{-1} são referentes à ligação C-O de álcoois e ácidos carboxílicos, que podem ser atribuídas à presença de compostos minoritários como linalol, citronelol, nerol e geraniol em CB/CL (Anexo B) (ANTONIOLI et al., 2020). Ainda, foram observadas bandas em 985 cm^{-1} referentes a deformação simétrica fora do plano de CH_2 que, no caso das amostras incorporadas com alecrim e eucalipto, podem ser atribuídas a presença de eucaliptol, componente de ambos os OE (BARANSKA et al., 2005; DZIMITROWICZ et al., 2019).

Esse conjunto de dados sugere que a incorporação foi efetiva, uma vez que reforça a presença dos compostos que foram identificados nas análises de cromatografia gasosa (item 5.3 e Anexo B).

5.5.2 Análise termogravimétrica (TGA)

Na Figura 15 são apresentadas as curvas TG e DTG das amostras, enquanto que na Tabela 4 são apresentados os eventos térmicos da amostra obtidos a partir dessas curvas.

Figura 15 - Curvas (a) TG e (b) DTG das amostras

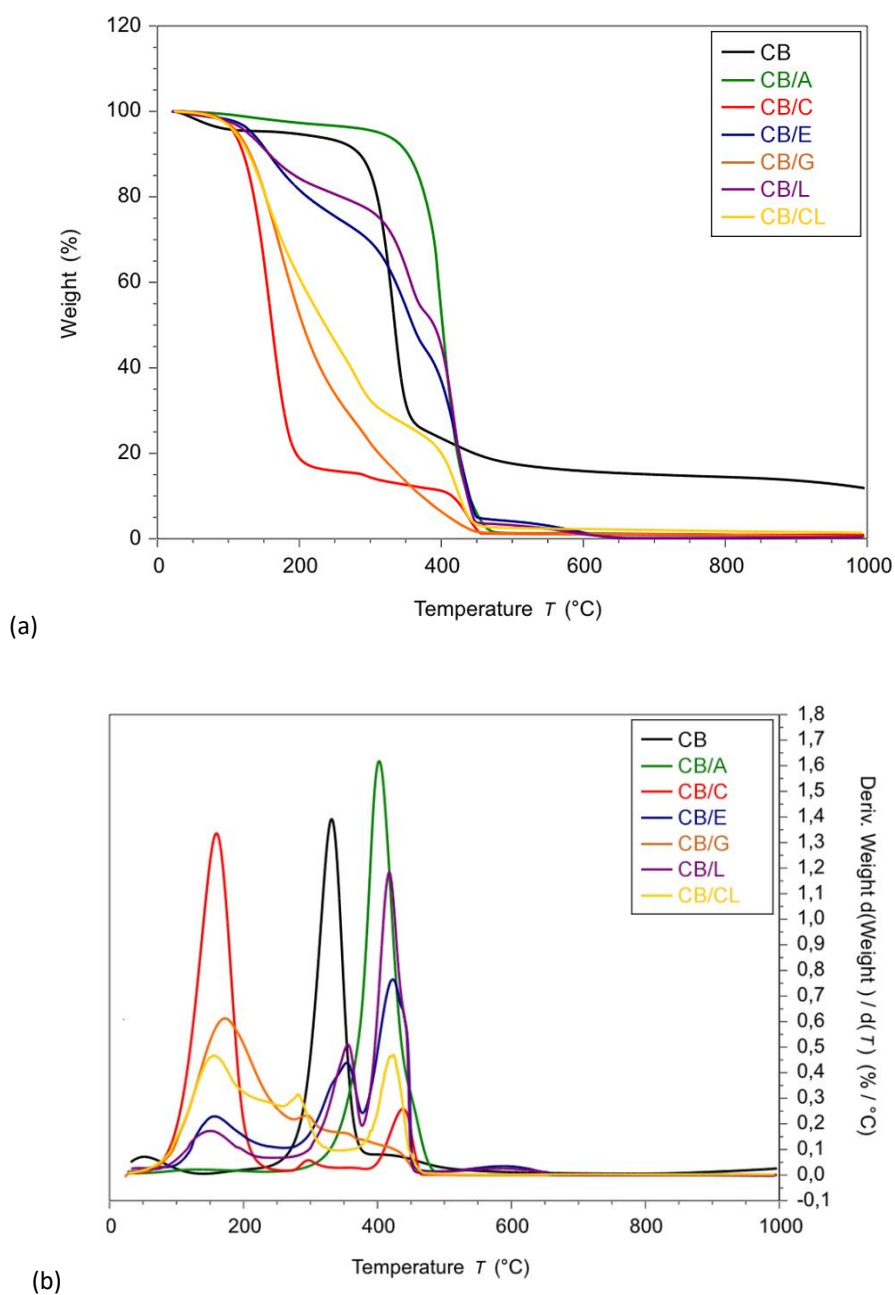


Tabela 4 - Eventos térmicos da amostra obtidos das curvas TG/DTG

Amostra	M₁ (%)	T_{MÁX 1} (°C)	M₂ (%)	T_{MÁX 2} (°C)	M₃ (%)	T_{MÁX 3} (°C)	Resíduo (%)
CB	4,48	56	74,14	332	9,15	594	11,86
CB/A	3,13	115	95,46	401	0,92	560	0,43
CB/C	84,39	159	4,01	296	10,68	437	0,89
CB/E	26,37	155	30,19	353	42,79	423	0,40
CB/G	71,81	170	16,21	296	11,49	471	0,49
CB/L	19,37	156	28,66	355	51,37	417	0,44
CB/CL	51,42	153	22,01	282	25,21	424	1,40

O perfil de degradação térmica da CB pura apresentou três eventos de perda de massa, como mostrado na Figura 15. A primeira perda de massa (M₁) ocorre entre 45 – 150 °C e pode ser atribuída a desidratação da celulose, como a evaporação de água adsorvida, por exemplo (BARUD, 2010). Apesar de as membranas estarem liofilizadas, o caráter hidrofílico da CB faz com que a água se mantenha em sua estrutura. O segundo estágio foi observado em uma temperatura de degradação máxima (T_{MÁX 2}) de 332 °C, com uma acentuada perda de massa (M₂) de 74,14% decorrente do processo de despolimerização, desidratação e decomposição das unidades glicosídicas da celulose (LIMA et al., 2015). O último estágio de degradação térmica apresentou perda de massa (M₃) de 9,15%, referente à degradação de resíduos carbonáceos (TEIXEIRA et al., 2010), exibindo ainda, um percentual de 11,86% de resíduo não degradado ao final da análise.

As amostras incorporadas com OE também apresentaram três estágios de degradação térmica, porém, com menor percentual de resíduos e diferentes percentuais de perda de massa.

Para a amostra de CB/A, o primeiro estágio de degradação (M₁) pode ser atribuído a volatilização de água e etanol ainda presente na estrutura da CB, além de alguns compostos voláteis do OEA como terpenos que, em sua forma livre, têm sua degradação iniciada em 45 °C (AMANI; SAMI; REZAEI, 2021). No segundo estágio de degradação houve uma grande perda de massa de 95,46%, sugerindo que a decomposição do OEA pode estar ocorrendo simultaneamente com a CB. Além disso, houve um aumento de 69 °C na T_{MÁX 2} em comparação com a CB, demonstrando um

aumento da estabilidade térmica das membranas. Entretanto, a incorporação do OEA pode ter tornado outros componentes da CB mais sensíveis à degradação térmica, uma vez que houve uma perda de massa ínfima no terceiro estágio de degradação em 560 °C que, no caso da CB, corresponde à degradação de resíduos carbonáceos, que podem ter degradado durante o segundo estágio de degradação.

Dentre as amostras, a CB/C foi a que apresentou a maior mudança no perfil de degradação térmica quando comparada com a CB pura. Houve uma maior perda de massa (84,39%) ocorrendo logo na primeira etapa de degradação, onde pode ter ocorrido a volatilização de água, etanol e componentes voláteis do óleo de cravo, como o eugenol, seu componente majoritário, que ocorre entre 100 e 270 °C e pode representar maior percentual mássico da amostra (CETIN BABAOGLU et al., 2017). No segundo e terceiro estágios de degradação houveram perdas de massa de 4,01% e 10,68%, que podem ser atribuídas à degradação da CB e de resíduos carbonáceos da celulose.

As amostras de CB/G e CB/CL apresentaram um perfil semelhante à da CB/C, com as maiores perdas de massa ocorrendo no primeiro estágio de degradação, também correspondentes à evaporação de água, etanol, componentes voláteis dos OEs, como citral, presente em ambos OEs, e celulose (ANTONIOLI et al., 2020; CHANDRAN et al., 2017). No caso da amostra incorporada com OEG, a volatilização do óleo ocorre entre 46 e 160 °C (SILVA et al., 2018); e na amostra incorporada com OECL, o OE é volatilizado entre 25 e 166 °C (MARTINS et al., 2011).

Por fim, as amostras de CB/E e CB/L apresentaram perfis de degradação térmica semelhantes entre si, entretanto, com uma perda de massa intermediária na primeira etapa de 26,37% e 19,37%, respectivamente. Além de água e etanol, os componentes volatilizados podem ter sido eucaliptol da CB/E, entre 101 e 146 °C, e linalol e acetato de linalila da CB/L, que volatilizam entre 124 e 168 °C e 134 e 187 °C, respectivamente (HAZRA et al., 2004). Entretanto, a maior perda mássica de ambas as amostras ocorreu no terceiro estágio de degradação, demonstrando que a degradação da celulose e dos resíduos carbonáceos ocorreu durante todos os estágios.

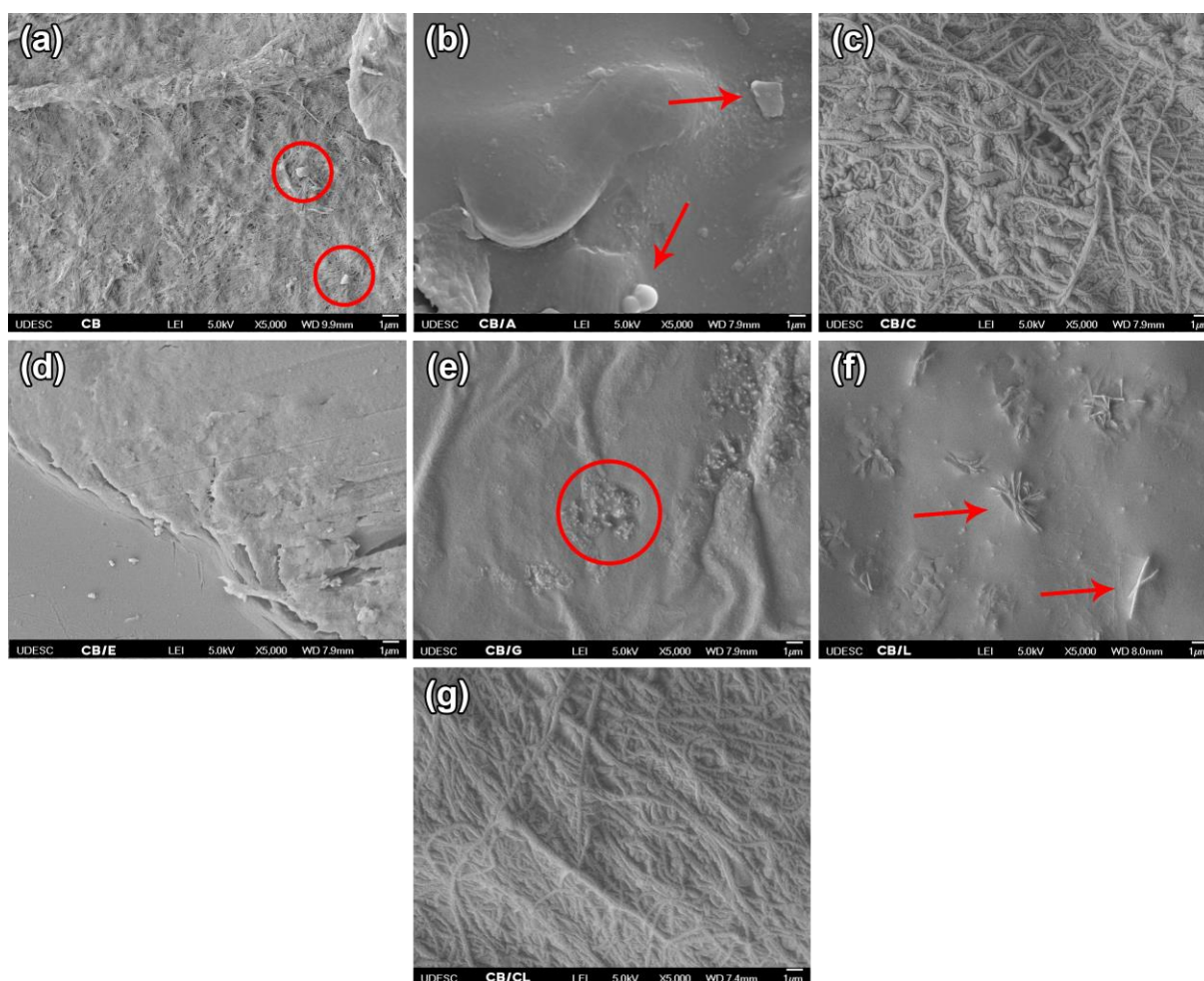
Além disso, vale destacar que os compostos fenólicos dos óleos essenciais presentes nas amostras incorporadas possuem diversos graus de volatilidade, ocasionando uma diminuição da estabilidade térmica. Dessa forma, é possível supor que as maiores perdas de massa no último estágio da maioria das amostras, em

comparação com a CB, podem decorrer das perdas desses compostos variados sob altas temperaturas por evaporação e decomposição química (HAMAMA; NAWAR, 1991).

5.5.3 Microscopia eletrônica de alta resolução (MEV-FEG)

As morfologias da CB pura e das CBs incorporadas foram observadas por MEV-FEG e estão apresentadas na Figura 16.

Figura 16 - Micrografias de MEV (a) CB, (b) CB/A, (c) CB/C, (d) CB/E, (e) CB/G, (f) CB/L e (g) CB/CL



A micrografia da CB pura (Figura 16a) mostra uma estrutura típica desse tipo de material, que é constituído por nano e microfibrilas emaranhadas dispostas randomicamente e com a presença de poros (BARUD, 2006; FERNANDES et al., 2019). Ainda, é possível notar a presença de possíveis impurezas na morfologia da

CB (destacadas em vermelho), que podem ser remanescentes do meio de cultivo e que não foram removidas pela purificação.

As amostras incorporadas com OEs apresentaram morfologias mais distintas em relação à CB. A CB/A (Figura 16b) apresentou uma superfície mais homogênea e lisa, demonstrando que o óleo essencial foi incorporado, preenchendo os poros da membrana. A morfologia apresenta alguns pontos com pouca rugosidade e materiais particulados, bem como esferas que podem estar relacionadas à adsorção de gotículas de OEA na superfície da membrana. Estruturas similares foram observadas nos trabalhos de Gonçalves et al. (2020), que incorporaram OE de funcho em filmes de acetato de celulose; e no trabalho de Pontes (2013), que desenvolveu filmes de metilcelulose incorporados com emulsões de OEs de orégano e cravo.

Uma morfologia semelhante à da CB/A foi observada para as amostras de CB/G (Figura 16e), com pontos de maior rugosidade e com alguns relevos; e CB/L (Figura 16f), onde é possível observar as fibras em diversos pontos, mas que de maneira geral apresentou uma superfície mais homogênea e lisa assim como a da CB/A, demonstrando a incorporação dos OEs.

Para as amostras de CB/C (Figura 16c) e CB/CL (Figura 16g), é possível notar que ambas mantiveram a estrutura de fibras emaranhadas da CB pura, entretanto, com uma maior espessura e uma certa rugosidade. Nesse caso, supõe-se que os OEs revestiram as fibras da CB. Ainda, observa-se a presença de grumos na amostra incorporada com cravo (destacadas em vermelho).

Por fim, a amostra incorporada com eucalipto apresentou a morfologia mais distinta dentre as membranas. É possível observar uma região que se assemelha às amostras de CB/A, CB/G e CB/L, com uma superfície homogênea, entretanto, há outra região com uma maior rugosidade, como mostra a Figura 16d. Essas duas regiões estão separadas por uma interface com irregularidades, que pode estar relacionada à diferença de espessura da membrana de CB nessas regiões.

A interação entre a CB e materiais adicionados pode ocorrer por aderência (forma física); ou pelas pontes de hidrogênio entre as hidroxilas da CB com os materiais adicionados (forma química) (CACICEDO et al., 2016; SHAH et al., 2013). Segundo Jahed et al. (2017), a interação entre grupos hidroxila causam a diminuição da porosidade e rugosidade. Esse comportamento foi observado para a amostra de CB/L, onde é possível supor que houve uma interação entre a hidroxila do linalol e as hidroxilas da CB. O mesmo não foi observado para a CB/C, onde a interação entre a

CB e a hidroxila do eugenol manteve a morfologia fibrilar da amostra. As demais amostras não apresentam hidroxilas na estrutura dos seus principais componentes, nesse caso, supõe-se que a interação entre a CB e os OEs ocorreu por aderência.

5.6 Atividade antimicrobiana

Na Figura 17 são apresentados os resultados de atividade antimicrobiana obtidos para os OE de alecrim (A), cravo (C), eucalipto (E), gengibre (G), lavanda (L) e capim-limão (CL) à 15%; e para as amostras de CB incorporadas com seus respectivos OE (CB/A, CB/C, CB/E, CB/G, CB/L e CB/CL) contra *C. albicans* (ATCC 10231), *E. coli* (ATCC 8739) e *S. aureus* (ATCC 6538). Enquanto que os diâmetros dos halos de inibição das amostras se encontram na Figura 18 e no Apêndice D.

Figura 17 - Antimicrobiano das amostras para (a) *C. albicans*, (b) *E. coli* e (c) *S. aureus*

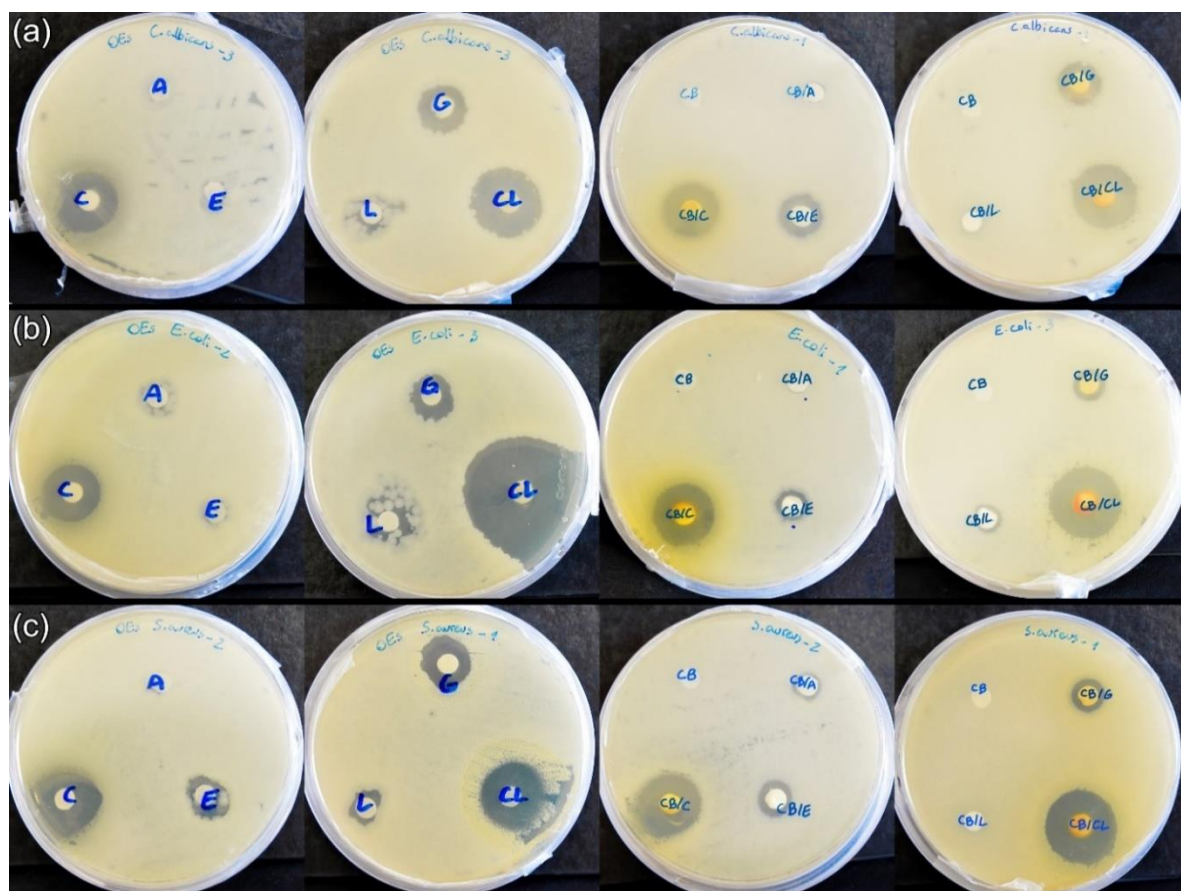
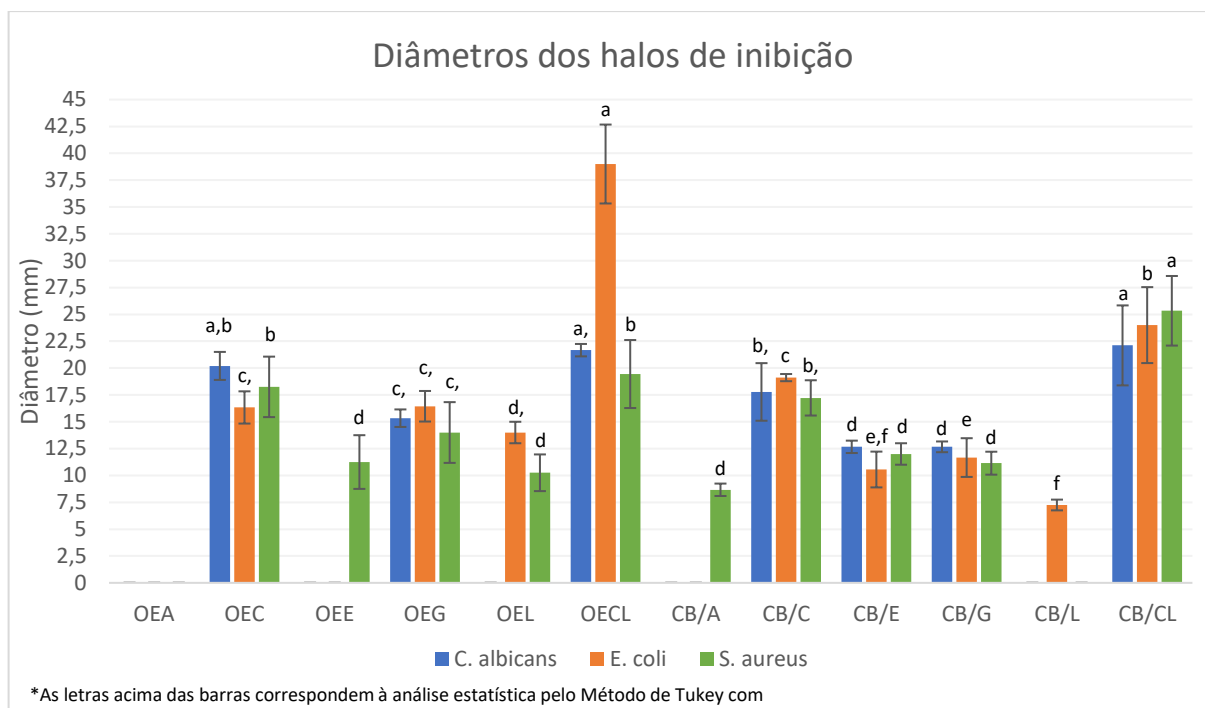


Figura 18 - Diâmetros dos halos de inibição (n = 3)



A ANOVA foi realizada para cada micro-organismo, e foram feitos os agrupamentos de acordo com os resultados do teste de Tukey, como demonstra a Figura 18. Os valores obtidos para os grupos são estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$).

De acordo com Jiang et al. (2011), o óleo essencial de alecrim (OEA) da espécie *Rosmarinus officinalis* possui atividade antimicrobiana contra *C. albicans*, *E. coli* e *S. aureus*, esse resultado não foi observado nesse trabalho, uma vez que o OEA foi o único óleo essencial que não apresentou ação inibitória contra os micro-organismos testados. Por outro lado, o mesmo não ocorreu para a CB/A, que teve halos de inibição com diâmetro médio de 8,67 mm contra *S. aureus* (Figura 17c). Dessa forma, supõe-se que houve uma menor absorção de OE pelo papel filtro utilizado no teste em relação a quantidade absorvida pela CB.

A atividade antimicrobiana dos óleos de eucalipto e lavanda contra *C. albicans*, *E. coli* e *S. aureus* é comprovada (ALI; FARSHID; VAHID, 2012; MEKONNEN et al., 2016; NOUMI et al., 2011). Entretanto, nesse experimento as amostras apresentaram halos irregulares para *E. coli* e *S. aureus* e não houve inibição de *C. albicans* (Figura 17). Todavia, diferente do que foi observado para o OEE, a amostra de CB/E teve halos de inibição contra todos os micro-organismos testes. Já a amostra de CB/L

manteve a atividade antimicrobiana contra *E. coli*, porém, com um decréscimo no halo de inibição de aproximadamente 14 mm para 7,25 mm.

As amostras de CB/A e CB/E apresentaram uma concentração semelhante de eucaliptol em sua estrutura (item 5.3), entretanto, as atividades antimicrobianas foram distintas, que pode estar relacionada às diferentes morfologias dessas amostras (item 5.5.3). Nesse caso, a maior rugosidade da CB/E pode ter favorecido a liberação dos constituintes do OEE, ocasionando uma maior inibição dos micro-organismos testes. O mesmo não ocorreu com a CB/A, que teve uma superfície mais lisa e com os poros preenchidos, que pode ter dificultado a liberação dos compostos antimicrobianos.

Por outro lado, os óleos de cravo (OEC), gengibre (OEG) e capim-limão (OECL) apresentaram efeito inibitório para todos os micro-organismos testes. Salvo algumas exceções que podem ser observadas na Figura 18, as membranas incorporadas com esses óleos tiveram um pequeno decréscimo no diâmetro médio dos halos de inibição, sugerindo uma menor incorporação ou menor difusão dos agentes microbianos nessas membranas incorporadas. A ação inibitória desses óleos contra *C. albicans*, *E. coli* e *S. aureus* foram relatados por Rahimifard et al. (2015) e Silvestri et al. (2010), que estudaram o OEC da espécie *Eugenia caryophyllata*; Sharma, Singh e Ali (2016), que analisaram o OEG da espécie *Zingiber officinale*; e Ahmad e Viljoen (2015), que verificaram a atividade antimicrobiana de seis espécies do gênero *Cymbopogon* (capim-limão), incluindo *C. flexuosus*.

Os componentes dos óleos essenciais, como fenóis e terpenos, possuem grupamentos de hidroxila que afetam as células dos micro-organismos através de diversos mecanismos, que incluem distúrbio do sistema enzimático, danos ao material genético do micro-organismo e reações com a membrana fosfolipídica. Isso resulta na liberação dos constituintes da célula e consequente morte dos micro-organismos (AMANI; SAMI; REZAEI, 2021; CASALINI; BASCHETTI, 2022). Entretanto, as atividades antimicrobianas dos OE dependem de sua composição química, que por sua vez depende da espécie e das condições climáticas e do solo onde a planta foi cultivada; além do solvente e método de extração do OE (BERISTAIN-BAUZA et al., 2019; JACOBSON et al., 2005; LEMOS et al., 2011). Todos esses fatores, aliados ao tipo de teste antimicrobiano empregado e as cepas de micro-organismos utilizadas, podem gerar diferentes *performances* no estudo e validação de atividade antimicrobiana (GONÇALVES; FILHO; MENEZES, 2005; LIMA et al., 2019).

Os fatores citados acima explicam o baixo desempenho dos OE de alecrim,

eucalipto e lavanda. Porém, de maneira geral, os resultados de atividade antimicrobiana das amostras foram positivos e demonstraram que o método de incorporação dos OE à estrutura da CB foi eficaz, mantendo suas características antimicrobianas.

Os resultados obtidos no antimicrobiano estão relacionados com os resultados da análise de determinação dos compostos fenólicos totais, pois os OEs que apresentaram maiores valores de CFT foram os que tiveram maior capacidade de inibir o desenvolvimento dos micro-organismos testes. Nesse caso, as amostras com OEC apresentaram maior CFT devido à presença do eugenol em sua composição. Entretanto, o melhor resultado observado para atividade antimicrobiana foi das amostras com OECL, demonstrando a capacidade de inibição dos terpenos, que não foram detectados expressivamente na análise de CFT. Dessa forma, levando-se em consideração os compostos identificados no GC-MS, é possível afirmar que os compostos com maior poder antimicrobiano foram o eugenol, presente no cravo, e o citral, presente no gengibre e em maior quantidade no capim-limão.

CONCLUSÃO

A eficácia das incorporações pôde ser confirmada pelas análises de GC-MS e FTIR, que permitiram identificar os compostos dos OEs nas CBs incorporadas. Estes compostos encontrados nos OE foram responsáveis pela redução da estabilidade térmica da CB, como foi determinado por TGA. Entretanto, essa redução na estabilidade térmica da membrana não interferirá na sua utilização como curativo, já que essa aplicação não irá expor o polímero a elevadas temperaturas, estando apto, portanto, em contribuir e competir no campo de cicatrização de feridas em termos térmicos.

A incorporação dos óleos essenciais foi responsável por alterar a morfologia da CB. As imagens de MEV das amostras incorporadas com cravo e capim-limão demonstraram que esses OEs revestiram as fibras da celulose, mantendo uma morfologia mais semelhante a original. Por outro lado, os demais OEs se infiltraram nos poros da membrana de celulose, preenchendo-as e conferindo às amostras uma morfologia mais distinta.

Os OE de cravo, gengibre e capim-limão apresentaram as melhores atividades antimicrobianas para *E. coli*, *S. aureus* e *C. albicans* devido à presença de eugenol e citral, principalmente. Essas características foram mantidas após as incorporações nas membranas de CB. A partir dos resultados obtidos, é possível afirmar que a incorporação de OE em membranas de CB é promissora, devido às boas características inerentes à celulose e facilidade de aplicação da metodologia.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Análise de citotoxicidade dos OEs, para verificar se os OEs causam alterações celulares;
- Estudo de liberação de OE em meio líquido e/ou sólido;
- Absorção de fluido pseudoextracelular (PECF), para estudar a capacidade das membranas incorporadas de absorverem exsudatos;
- Porosidade das membranas incorporadas, para verificar o percentual de preenchimentos dos poros da CB pelos OEs;
- Análise de permeação transdérmica;
- Revestimento de um dos lados da membrana com outro polímero para facilitar a transferência dos antimicrobianos dos OEs e, devido ao aspecto pegajoso das CBs incorporadas, evitar o contato da mesma diretamente com a ferida;
- Encapsulamento dos OEs, para diminuir as limitações dos óleos essenciais, como instabilidade física, volatilização e degradação oxidativa, ou para melhorar as propriedades.

REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI, M.; REZAEI, M.; FARZI, G. A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into chitosan. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 111, n. 2, p. 343–350, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.012>>
- ADEPU, S.; KHANDELWAL, M. Bacterial cellulose with microencapsulated antifungal essential oils: A novel double barrier release system. **Materialia**, [s. l.], v. 9, n. October 2019, p. 100585, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mtla.2020.100585>>
- ADUKWU, E. C.; BOWLES, M.; EDWARDS-JONES, V.; BONE, H. Antimicrobial activity, cytotoxicity and chemical analysis of lemongrass essential oil (*Cymbopogon flexuosus*) and pure citral. **Applied Microbiology and Biotechnology**, [s. l.], v. 100, n. 22, p. 9619–9627, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00253-016-7807-y>>
- AHMAD, A.; VILJOEN, A. The in vitro antimicrobial activity of *Cymbopogon* essential oil (lemon grass) and its interaction with silver ions. **Phytomedicine**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 657–665, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.phymed.2015.04.002>>
- AHMAD, I.; ARIFIANI, A. E.; NUR FIKRI, J. A.; ABDULLAH, S.; MUNIM, A. The combination of ATR-FTIR and chemometrics for rapid analysis of essential oil from Myrtaceae plants – A review. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, [s. l.], v. 12, n. 06, p. 30–42, 2022.
- ALBUQUERQUE, R. M. B. Biodegradável À Base De Celulose Bacteriana (Cb) E Polihidroxibutirato (Phb) para Aplicação Como Embalagem Ativa Biodegradável À Base De Celulose Bacteriana (Cb) E Polihidroxibutirato (Phb) Para Aplicação Como Embalagem Ativa. [s. l.], p. 1–131, 2019. Disponível em: <http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/1112/5/rodrigo_melo_bezerra_albuquerque.pdf>
- ALI, A.; COTTRELL, J. J.; DUNSHEA, F. R. LC-MS/MS Characterization of Phenolic Metabolites and Their Antioxidant Activities from Australian Native Plants. **Metabolites**, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 1016, 2022.

ALI, S.; FARSHID, S.; VAHID, A.-H. Phytochemical and antimicrobial activities of *Lavandula officinalis* leaves and stems against some pathogenic microorganisms. **Journal of Medicinal Plants Research**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 455–460, 2012.

ALIZADEH-SANI, M.; KHEZERLOU, A.; EHSANI, A. Fabrication and characterization of the bionanocomposite film based on whey protein biopolymer loaded with TiO₂ nanoparticles, cellulose nanofibers and rosemary essential oil. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 124, n. August, p. 300–315, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.001>>

ALVAREZ, M. V.; ORTEGA-RAMIREZ, L. A.; SILVA-ESPINOZA, B. A.; GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; AYALA-ZAVALA, J. F. Antimicrobial, antioxidant, and sensorial impacts of oregano and rosemary essential oils over broccoli florets. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 43, n. 3, p. 1–10, 2019.

AMALRAJ, A.; RAJ, K. K. J.; HAPONIUK, J. T.; THOMAS, S.; GOPI, S. Preparation, characterization, and antimicrobial activity of chitosan/gum arabic/polyethylene glycol composite films incorporated with black pepper essential oil and ginger essential oil as potential packaging and wound dressing materials. **Advanced Composites and Hybrid Materials**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 485–497, 2020.

AMANI, F.; SAMI, M.; REZAEI, A. Characterization and Antibacterial Activity of Encapsulated Rosemary Essential Oil within Amylose Nanostructures as a Natural Antimicrobial in Food Applications. **Starch/Staerke**, [s. l.], v. 73, n. 7–8, p. 1–9, 2021.

ANTONIOLI, G.; FONTANELLA, G.; ECHEVERRIGARAY, S.; LONGARAY DELAMARE, A. P.; FERNANDES PAULETTI, G.; BARCELLOS, T. Poly(lactic acid) nanocapsules containing lemongrass essential oil for postharvest decay control: In vitro and in vivo evaluation against phytopathogenic fungi. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 326, n. April, p. 126997, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126997>>

ARDEKANI, N. T.; KHORRAM, M.; ZOMORODIAN, K.; YAZDANPANA, S.; VEISI, H.; VEISI, H. Evaluation of electrospun poly (vinyl alcohol)-based nanofiber mats incorporated with *Zataria multiflora* essential oil as potential wound dressing. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 125, p. 743–750, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.085>>

ATEF, M.; REZAEI, M.; BEHROOZ, R. Characterization of physical, mechanical, and antibacterial properties of agar-cellulose bionanocomposite films incorporated with savory essential oil. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 45, p. 150–157, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.09.037>>

AVOSEH, O.; OYEDEJI, O.; RUNGQU, P.; NKEH-CHUNGAG, B.; OYEDEJI, A. Cymbopogon species; ethnopharmacology, phytochemistry and the pharmacological importance. **Molecules**, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 7438–7453, 2015.

BAJPAI, V. K.; AL-REZA, S. M.; CHOI, U. K.; LEE, J. H.; KANG, S. C. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of leaf essential oil and extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 47, n. 8, p. 1876–1883, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.043>>

BARANSKA, M.; SCHULZ, H.; REITZENSTEIN, S.; UHLEMANN, U.; STREHLE, M. A.; KRÜGER, H.; QUILITZSCH, R.; FOLEY, W.; POPP, J. Vibrational spectroscopic studies to acquire a quality control method of eucalyptus essential oils. **Biopolymers**, [s. l.], v. 78, n. 5, p. 237–248, 2005.

BARUD, H. da S. **Preparo e caracterização de novos compósitos de celulose bacteriana**. 2006. UNESP – Universidade Estadual Paulista, [s. l.], 2006.

BARUD, H. S. **Novos Materiais Multifuncionais Baseados em Celulose Bacteriana**. 2010. UNESP – Universidade Estadual Paulista, [s. l.], 2010.

BAUER, A. W.; KIRBY, W. M. M.; SHERRIS, J. C.; TURCK, M. Antibiotic Susceptibility Testing by a Standardized Single Disk Method. **The American Journal of Clinical Pathology**, Seattle, Washington, v. 36, n. 3, p. 532–532, 1966.

BERISTAIN-BAUZA, S. D. C.; HERNÁNDEZ-CARRANZA, P.; CID-PÉREZ, T. S.; ÁVILA-SOSA, R.; RUIZ-LÓPEZ, I. I.; OCHOA-VELASCO, C. E. Antimicrobial Activity of Ginger (*Zingiber Officinale*) and Its Application in Food Products. **Food Reviews International**, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 407–426, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1573829>>

BOATENG, J.; CATANZANO, O. Advanced Therapeutic Dressings for Effective Wound Healing - A Review. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, [s. l.], v. 104, n.

11, p. 3653–3680, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jps.24610>>

BORGES, F. A.; SIGUEMATSU, P. R.; HERCULANO, R. D.; DOS SANTOS, C. Novel sustained-release of stryphnodendron obovatum leaves extract using natural rubber latex as carrier. **Revista de Ciencias Farmaceuticas Basica e Aplicada**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 379–384, 2015.

BOUKHATEM, M. N.; FERHAT, M. A.; KAMELI, A.; SAIDI, F.; WALID, K.; MOHAMED, S. B. Quality Assessment of the Essential Oil from *Eucalyptus globulus* Labill of Blida (Algeria) Origin. **International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 303–315, 2014.

BOWLER, P. G.; DUERDEN, B. I.; ARMSTRONG, D. G. Wound microbiology and associated approaches to wound management. **Clinical Microbiology Reviews**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 244–269, 2001.

BRASIL, M. da S. S. de P. de S. D. de A. B. **Manual de Condutas para Úlceras Neurotróficas e Traumáticas**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_feridas_final.pdf>

BRITO, N. M.; DE AMARANTE JUNIOR, O. P.; POLESE, L.; RIBEIRO, M. L. Validação De Métodos Analíticos: Estratégia E Discussão. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 13, p. 129–146, 2003.

CACICEDO, M. L.; CASTRO, M. C.; SERVETAS, I.; BOSNEA, L.; BOURA, K.; TSAFRAKIDOU, P.; DIMA, A.; TERPOU, A.; KOUTINAS, A.; CASTRO, G. R. Progress in bacterial cellulose matrices for biotechnological applications. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 213, p. 172–180, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.02.071>>

CAMPANO, C.; BALEA, A.; BLANCO, A.; NEGRO, C. Enhancement of the fermentation process and properties of bacterial cellulose: a review. **Cellulose**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 57–91, 2016.

CASALINI, S.; BASCHETTI, M. G. The use of essential oils in chitosan or cellulose-based materials for the production of active food packaging solutions: a review. **Journal ofThe Science ofFood and Agriculture**, [s. l.], n. March, 2022.

CETIN BABAOGLU, H.; BAYRAK, A.; OZDEMIR, N.; OZGUN, N. Encapsulation of clove essential oil in hydroxypropyl beta-cyclodextrin for characterization, controlled release, and antioxidant activity. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 41, n. 5, p. 1–8, 2017.

CHANDRAN, J.; NAYANA, N.; ROSHINI, N.; NISHA, P. Oxidative stability, thermal stability and acceptability of coconut oil flavored with essential oils from black pepper and ginger. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 54, n. 1, p. 144–152, 2017.

CHAWLA, P. R.; BAJAJ, I. B.; SURVASE, S. A.; SINGHAL, R. S. Microbial cellulose: Fermentative production and applications. **Food Technology and Biotechnology**, [s. l.], v. 47, n. 2, p. 107–124, 2009.

CHEN, H.; MICHAEL DAVIDSON, P.; ZHONG, Q. Impacts of sample preparation methods on solubility and antilisterial characteristics of essential oil components in milk. **Applied and Environmental Microbiology**, [s. l.], v. 80, n. 3, p. 907–916, 2014.

COSTA, N. N.; DE FARIA LOPES, L.; FERREIRA, D. F.; DE PRADO, E. M. L.; SEVERI, J. A.; RESENDE, J. A.; DE PAULA CARETA, F.; FERREIRA, M. C. P.; CARREIRA, L. G.; DE SOUZA, S. O. L.; COTRIM, M. A. P.; BOEING, T.; DE ANDRADE, S. F.; ORÉFICE, R. L.; VILLANOVA, J. C. O. Polymeric films containing pomegranate peel extract based on PVA/starch/PAA blends for use as wound dressing: In vitro analysis and physicochemical evaluation. **Materials Science and Engineering C**, [s. l.], v. 109, n. October 2019, 2020.

DA SILVA BOMFIM, N.; KOHIYAMA, C. Y.; NAKASUGI, L. P.; NERILO, S. B.; MOSSINI, S. A. G.; ROMOLI, J. C. Z.; GRATON MIKCHA, J. M.; ABREU FILHO, B. A. De; MACHINSKI, M. Antifungal and antiaflatoxigenic activity of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis* L.) against *Aspergillus flavus*. **Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 153–161, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1678771>>

DANTAS, J. S. **Avaliação da qualidade de vida relacionada à saúde de pessoas com feridas crônicas**. 2020. Universidade Federal da Paraíba - UFP, [s. l.], 2020. Disponível em:

<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/18322/1/JanisleiSoaresDantas_Dissert.pdf>

DE LUCA, I.; PEDRAM, P.; MOEINI, A.; CERRUTI, P.; PELUSO, G.; DI SALLE, A.; GERMANN, N. Nanotechnology development for formulating essential oils in wound dressing materials to promote the wound-healing process: A review. **Applied Sciences (Switzerland)**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 1–19, 2021.

DE SOUZA, E. M.; DE SOUZA, R. C.; MELO, J. F. B.; DA COSTA, M. M.; DE SOUZA, S. A.; DE SOUZA, A. M.; COPATTI, C. E. Cymbopogon flexuosus essential oil as an additive improves growth, biochemical and physiological responses and survival against aeromonas hydrophila infection in Nile tilapia. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, [s. l.], v. 92, p. 1–12, 2020.

DENKOVA-KOSTOVA, R.; TENEVA, D.; TOMOVA, T.; GORANOV, B.; DENKOVA, Z.; SHOPSKA, V.; SLAVCHEV, A.; HRISTOVA-IVANOVA, Y. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of essential oils from tangerine (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.), lemon (*Citrus lemon* L.) and cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blume). **Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences**, [s. l.], v. 76, n. 5, p. 175–185, 2021.

DIASS, K.; BRAHMI, F.; MOKHTARI, O.; ABDELLAOUI, S.; HAMMOUTI, B. Biological and pharmaceutical properties of essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. And *Lavandula officinalis* L. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], v. 45, p. 7768–7773, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.495>>

DONINI, Í. A. N.; DE SALVI, D. T. B.; FUKUMOTO, F. K.; LUSTRI, W. R.; BARUD, H. S.; MARCHETTO, R.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 165–178, 2010.

DORMAN, H. J. D.; DEANS, S. G. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, [s. l.], v. 88, n. 2, p. 308–316, 2000.

DUARTE, É. B.; ANDRADE, F. K.; LIMA, H. L. S.; NASCIMENTO, E. S. Do; CARNEIRO, M. J. M.; BORGES, M. de F.; LUZ, E. P. C. G.; CHAGAS, B. S. Das;

ROSA, M. de F. Celulose bacteriana: propriedades, meios fermentativos e aplicações. **Documentos (Embrapa Agroindústria Tropical)**, [s. l.], v. 186, p. 1–37, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1109174/celulose-bacteriana-propriedades-meios-fermentativos-e-aplicacoes%0Ahttp://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197530/1/DOC19001.pdf>>

DZIMITROWICZ, A.; BERENT, S.; MOTYKA, A.; JAMROZ, P.; KURCBACH, K.; SLEDZ, W.; POHL, P. Comparison of the characteristics of gold nanoparticles synthesized using aqueous plant extracts and natural plant essential oils of *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis*. **Arabian Journal of Chemistry**, [s. l.], v. 12, n. 8, p. 4795–4805, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.09.007>>

EL FAWAL, G. F.; OMER, A. M.; TAMER, T. M. Evaluation of antimicrobial and antioxidant activities for cellulose acetate films incorporated with Rosemary and Aloe Vera essential oils. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 56, n. 3, p. 1510–1518, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03642-8>>

FALCÃO, L.; ARAÚJO, M. E. M. Tannins characterization in historic leathers by complementary analytical techniques ATR-FTIR, UV-Vis and chemical tests. **Journal of Cultural Heritage**, [s. l.], v. 14, n. 6, p. 499–508, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2012.11.003>>

FERNANDES, M.; GAMA, M.; DOURADO, F.; SOUTO, A. P. Development of novel bacterial cellulose composites for the textile and shoe industry. **Microbial Biotechnology**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 650–661, 2019.

FERNANDES, R. V. de B.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A.; OLIVEIRA, C. R. De. Physical and chemical properties of encapsulated rosemary essential oil by spray drying using whey protein-inulin blends as carriers. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 49, n. 6, p. 1522–1529, 2014.

FUNK, J. L.; FRYE, J. B.; OYARZO, J. N.; CHEN, J.; ZHANG, H.; TIMMERMAN, B. N. Anti-inflammatory effects of the essential oils of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in experimental rheumatoid arthritis. **PharmaNutrition**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 123–131, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.phanu.2016.02.004>>

GAN, Z.; LIANG, Z.; CHEN, X.; WEN, X.; WANG, Y.; LI, M.; NI, Y. Separation and preparation of 6-gingerol from molecular distillation residue of Yunnan ginger rhizomes by high-speed counter-current chromatography and the antioxidant activity of ginger oils in vitro. **Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**, [s. l.], v. 1011, p. 99–107, 2016.

GARCIA-SOTELO, D.; SILVA-ESPINOZA, B.; PEREZ-TELLO, M.; OLIVAS, I.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; AYALA-ZAVALA, J. F. Antimicrobial activity and thermal stability of rosemary essential oil:β-cyclodextrin capsules applied in tomato juice. **Lwt**, [s. l.], v. 111, p. 837–845, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.061>>

GEA, S.; REYNOLDS, C. T.; ROOHPUR, N.; WIRJOSENTONO, B.; SOYKEABKAEW, N.; BILOTTI, E.; PEIJS, T. Investigation into the structural, morphological, mechanical and thermal behaviour of bacterial cellulose after a two-step purification process. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 102, n. 19, p. 9105–9110, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2011.04.077>>

GINDRI, D. M.; COELHO, C. M. M.; UARROTA, V. G.; REBELO, A. M. Herbicidal bioactivity of natural compounds from Lantana camara on the germination and seedling growth of Bidens pilosa. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, [s. l.], v. 50, 2020.

GOMES, F. P. A. **Biossíntese de Celulose Bacteriana a partir de Resíduos Industriais**. 2011. Universidade de Aveiro, [s. l.], 2011.

GONÇALVES, A. L.; FILHO, A. A.; MENEZES, H. Estudo Comparativo da Atividade Antimicrobiana De Extratos De Algumas Árvores Nativas. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 72, n. 3, p. 353–358, 2005.

GONÇALVES, S. M.; MOTTA, J. F. G.; RIBEIRO-SANTOS, R.; CHÁVEZ, D. W. H.; MELO, N. R. De. Functional and antimicrobial properties of cellulose acetate films incorporated with sweet fennel essential oil and plasticizers. **Current Research in Food Science**, [s. l.], v. 3, p. 1–8, 2020.

GONG, F.; FUNG, Y. S.; LIANG, Y. Z. Determination of volatile components in ginger using gas chromatography-mass spectrometry with resolution improved by data

processing techniques. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 52, n. 21, p. 6378–6383, 2004.

GONZALEZ-RIVERA, J.; DUCE, C.; CAMPANELLA, B.; BERNAZZANI, L.; FERRARI, C.; TANZINI, E.; ONOR, M.; LONGO, I.; RUIZ, J. C.; TINÈ, M. R.; BRAMANTI, E. In situ microwave assisted extraction of clove buds to isolate essential oil, polyphenols, and lignocellulosic compounds. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 161, n. December 2020, 2021.

GUSTAITE, S.; KAZLAUSKE, J.; BOBOKALONOV, J.; PERNI, S.; DUTSCHK, V.; LIESIENE, J.; PROKOPOVICH, P. Characterization of cellulose based sponges for wound dressings. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, [s. l.], v. 480, p. 336–342, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.08.022>>

HAFSA, J.; SMACH, M. ali; BEN KHEDHER, M. R.; CHARFEDDINE, B.; LIMEM, K.; MAJDOUB, H.; ROUATBI, S. Physical, antioxidant and antimicrobial properties of chitosan films containing Eucalyptus globulus essential oil. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 68, p. 356–364, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.050>>

HAJIALI, H.; SUMMA, M.; RUSSO, D.; ARMIROTTI, A.; BRUNETTI, V.; BERTORELLI, R.; ATHANASSIOU, A.; MELE, E. Alginate-lavender nanofibers with antibacterial and anti-inflammatory activity to effectively promote burn healing. **Journal of Materials Chemistry B**, [s. l.], v. 4, n. 9, p. 1686–1695, 2016.

HALIM, A. S.; NOR, F. M.; MAT SAAD, A. Z.; MOHD NASIR, N. A.; NORSADAH, B.; UJANG, Z. Efficacy of chitosan derivative films versus hydrocolloid dressing on superficial wounds. **Journal of Taibah University Medical Sciences**, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 512–520, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2018.10.004>>

HAMAMA, A. A.; NAWAR, W. W. Thermal Decomposition of Some Phenolic Antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 39, n. 6, p. 1063–1069, 1991.

HARO-GONZÁLEZ, J. N.; CASTILLO-HERRERA, G. A.; MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, M.; ESPINOSA-ANDREWS, H. Clove essential oil (*Syzygium aromaticum* L.

myrtaceae): Extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health. **Molecules**, [s. l.], v. 26, n. 21, 2021.

HASHEMINEJAD, N.; KHODAIYAN, F.; SAFARI, M. Improving the antifungal activity of clove essential oil encapsulated by chitosan nanoparticles. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 275, p. 113–122, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.085>>

HAZRA, A.; ALEXANDER, K.; DOLLIMORE, D.; RIGA, A. Characterization of some essential oils and their key components. Thermoanalytical techniques. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, [s. l.], v. 75, n. 1, p. 317–330, 2004.

HÉRITIER, V. N. V.; ARTHUR, D. N.; AUGUSTIN, M. M.; NADÈGE, N. K.; ROGER, K. V.; ERIC, S. Z. L. P.; JUDE-THADDÉE, M. N. Antibacterial and antiplasmodial potentials of essential oils from two plants of Tangawisi products: *Zingiber officinalis* Roscoe and *Monodora myristica* (Gaertn) Dunal. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 643–648, 2018.

HESTRIN, S.; SCHRAMM, M. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. II. Preparation of freeze-dried cells capable of polymerizing glucose to cellulose. **The Biochemical journal**, Jerusalem, Israel, v. 58, n. 2, p. 345–352, 1954.

HIRANPATTANAKUL, P.; JONGJITPISSAMAI, T.; AUNGWEROJANAWIT, S.; TACHABOONYAKIAT, W. Fabrication of a chitin/chitosan hydrocolloid wound dressing and evaluation of its bioactive properties. **Research on Chemical Intermediates**, [s. l.], v. 44, n. 8, p. 4913–4928, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11164-018-3344-x>>

HOSSEINI, F.; MIRI, M. A.; NAJAFI, M.; SOLEIMANIFARD, S.; ARAN, M. Encapsulation of rosemary essential oil in zein by electrospinning technique. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 86, n. 9, p. 4070–4086, 2021.

HOSSEINI, M. H.; RAZAVI, S. H.; MOUSAVI, M. A. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 33, n. 6, p. 727–743, 2009.

HUDZICKI, J.; KIRBY-BAUER. Disk Diffusion Susceptibility Test Protocol. **American**

Society for Microbiology, [s. l.], n. December 2009, p. 1–23, 2009.

IBÁ, I. B. de Á. **Relatório Anual IBÁ**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>>.

JACOBSON, T. K. B.; GARCIA, J.; DA COSTA SANTOS, S.; DUARTE, J. B.; FARIAS, J. G.; KLIEMANN, H. J. Influência de fatores edáficos na produção de fenóis totais e taninos de duas espécies de barbatimão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 163–169, 2005.

JAFARI-KOULAEI, A.; ELYASI, F.; TARAGHI, Z.; ILALI, E. S.; MOOSAZADEH, M. A. Systematic Review of the Effects of Aromatherapy with Lavender Essential Oil on Depression. **Central Asian Journal of Global Health**, [s. l.], v. 9, n. 1, 2020.

JAHED, E.; KHALEDABAD, M. A.; BARI, M. R.; ALMASI, H. Effect of cellulose and lignocellulose nanofibers on the properties of Origanum vulgare ssp. gracile essential oil-loaded chitosan films. **Reactive and Functional Polymers**, [s. l.], v. 117, n. April, p. 70–80, 2017.

JIANG, Y.; WU, N.; FU, Y. J.; WANG, W.; LUO, M.; ZHAO, C. J.; ZU, Y. G.; LIU, X. L. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 63–68, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2011.03.011>>

KAČURÁKOVÁ, M.; SMITH, A. C.; GIDLEY, M. J.; WILSON, R. H. Molecular interactions in bacterial cellulose composites studied by 1D FT-IR and dynamic 2D FT-IR spectroscopy. **Carbohydrate Research**, [s. l.], v. 337, n. 12, p. 1145–1153, 2002.

KARAVASILIS, C.; TSONGAS, K.; ANDREADIS, I. I.; ANDRIOTIS, E. G.; PAPACHRISTOU, E. T.; PAPI, R. M.; TZETZIS, D.; FATOUROS, D. G. Physico-mechanical and finite element analysis evaluation of 3D printable alginate-methylcellulose inks for wound healing applications. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 247, n. March, p. 116666, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116666>>

KHAN, S.; UL-ISLAM, M.; KHATTAK, W. A.; ULLAH, M. W.; PARK, J. K. Bacterial cellulose-titanium dioxide nanocomposites: nanostructural characteristics,

antibacterial mechanism, and biocompatibility. **Cellulose**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 565–579, 2015.

KLEMM, D.; SCHUMANN, D.; UDHARDT, U.; MARSCH, S. Bacterial synthesized cellulose - Artificial blood vessels for microsurgery. **Progress in Polymer Science (Oxford)**, [s. l.], v. 26, n. 9, p. 1561–1603, 2001.

KOPP, V. V. **Óleo Essencial De Cravo Encapsulado Como Microbicida Natural**. 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [s. l.], 2020.

LEAL, T. S.; OLIVEIRA, B. G.; BONFIM, E. S.; FIGUEREDO, N. L.; SOUZA, A. S.; SANTOS, I. S. C. Percepção De Pessoas Com a Ferida Crônica. **Rev enferm UFPE on line**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 1156, 2017.

LEMONS, A. R.; RÊGO JUNIOR, N. O.; SÃO JOSÉ, A. R.; PEREIRA, M. L. A.; SILVA, M. V. Da. Atividade antioxidante e correlação com fenólicos totais em genótipos de Urucum (*Bixa orellana* L). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [s. l.], v. 70, n. 1, p. 62–68, 2011.

LIAKOS, I. L.; HOLBAN, A. M.; CARZINO, R.; LAUCIELLO, S.; GRUMEZESCU, A. M. Electrospun fiber pads of cellulose acetate and essential oils with antimicrobial activity. **Nanomaterials**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 1–10, 2017.

LIAKOS, I.; RIZZELLO, L.; HAJIALI, H.; BRUNETTI, V.; CARZINO, R.; POMPA, P. P.; ATHANASSIOU, A.; MELE, E. Fibrous wound dressings encapsulating essential oils as natural antimicrobial agents. **Journal of Materials Chemistry B**, [s. l.], v. 3, n. 8, p. 1583–1589, 2015.

LIMA, L. L.; TAKETA, T. B.; BEPPU, M. M.; SOUSA, I. M. de O.; FOGLIO, M. A.; MORAES, Â. M. Coated electrospun bioactive wound dressings: Mechanical properties and ability to control lesion microenvironment. **Materials Science and Engineering C**, [s. l.], v. 100, n. February, p. 493–504, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.03.005>>

LIMA, L. R.; SANTOS, D. B.; SANTOS, M. V.; BARUD, H. S.; HENRIQUE, M. A.; PASQUINI, D.; PECORARO, E.; RIBEIRO, S. J. L. Nanocristais de celulose a partir de celulose bacteriana. **Química Nova**, Araraquara - SP, v. 38, n. 9, p. 1140–1147, 2015.

LV, F.; LIANG, H.; YUAN, Q.; LI, C. In vitro antimicrobial effects and mechanism of action of selected plant essential oil combinations against four food-related microorganisms. **Food Research International**, [s. l.], v. 44, n. 9, p. 3057–3064, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.030>>

MA, R.; WANG, Y.; QI, H.; SHI, C.; WEI, G.; XIAO, L.; HUANG, Z.; LIU, S.; YU, H.; TENG, C.; LIU, H.; MURUGADOSS, V.; ZHANG, J.; WANG, Y.; GUO, Z. Nanocomposite sponges of sodium alginate/graphene oxide/polyvinyl alcohol as potential wound dressing: In vitro and in vivo evaluation. **Composites Part B: Engineering**, [s. l.], v. 167, n. February, p. 396–405, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.03.006>>

MAHBOUBI, M. Zingiber officinale Rosc. essential oil, a review on its composition and bioactivity. **Clinical Phytoscience**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 1–12, 2019.

MARTINS, P.; SBAITE, P.; BENITES, C.; MACIEL, M. Thermal characterization of orange, lemongrass, and basil essential oils. **Chemical Engineering Transactions**, [s. l.], v. 24, p. 463–468, 2011.

MARTINS, W. da S.; DE ARAÚJO, J. S. F.; FEITOSA, B. F.; OLIVEIRA, J. R.; KOTZEBUE, L. R. V.; AGOSTINI, D. L. da S.; DE OLIVEIRA, D. L. V.; MAZZETTO, S. E.; CAVALCANTI, M. T.; DA SILVA, A. L. Lemongrass (*Cymbopogon citratus* DC. Stapf) essential oil microparticles: Development, characterization, and antioxidant potential. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 355, n. December 2020, 2021.

MAULIDNA; WIRJOSENTONO, B.; TAMRIN; MARPAUNG, L. Microencapsulation of ginger-based essential oil (*Zingiber cassumunar roxb*) with chitosan and oil palm trunk waste fiber prepared by spray-drying method. **Case Studies in Thermal Engineering**, [s. l.], v. 18, p. 100606, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.csite.2020.100606>>

MEKONNEN, A.; YITAYEW, B.; TESEMA, A.; TADDESE, S. In Vitro Antimicrobial Activity of Essential Oil of *Thymus schimperi*, *Matricaria chamomilla*, *Eucalyptus globulus*, and *Rosmarinus officinalis*. **International Journal of Microbiology**, [s. l.], v. 2016, 2016.

MÉNDEZ, L. M. R. Produção, caracterização e estudo da estabilidade de filmes à base

de gelatina e extrato de própolis vermelha enriquecidos com óleos essenciais de manjerição (*Ocimum basilicum*), cravo (*Syzygium aromaticum*) ou hortelã (*Mentha piperita*). [s. l.], p. 159, 2017.

MICIĆ, D.; ĐUROVIĆ, S.; RIABOV, P.; TOMIĆ, A.; ŠOVLJANSKI, O.; FILIP, S.; TOSTI, T.; DOJČINOVIĆ, B.; BOŽOVIĆ, R.; JOVANOVIĆ, D.; BLAGOJEVIĆ, S. Rosemary essential oils as a promising source of bioactive compounds: Chemical composition, thermal properties, biological activity, and gastronomical perspectives. **Foods**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 1–16, 2021.

MIRGHANI, M. E. S.; LIYANA, Y.; PARVEEN, J. Bioactivity analysis of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil. **International Food Research Journal**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 569–575, 2012.

MOEINI, A.; PEDRAM, P.; MAKVANDI, P.; MALINCONICO, M.; GOMEZ D'AYALA, G. Wound healing and antimicrobial effect of active secondary metabolites in chitosan-based wound dressings: A review. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 233, n. November 2019, p. 115839, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115839>>

MOREIRA, S.; REBOUÇAS, H.; NAIR, T.; MORAES, B. De; OLÍMPIA, M.; MOREIRA, V. S.; NAIR, T.; REBOUÇAS, H.; OLÍMPIA, M.; MORAES, B. De. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE URUCUM (*Bixa orellana* L.) IN NATURA E ENCAPSULADO. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 201–209, 2014.

MOTELICA, L.; FICAI, D.; OPREA, O. C.; FICAI, A.; ENE, V. L.; VASILE, B. S.; ANDRONESCU, E.; HOLBAN, A. M. Antibacterial biodegradable films based on alginate with silver nanoparticles and lemongrass essential oil–innovative packaging for cheese. **Nanomaterials**, [s. l.], v. 11, n. 9, 2021.

MUTLU-INGOK, A.; CATALKAYA, G.; CAPANOGLU, E.; KARBANCIOGLU-GULER, F. Antioxidant and antimicrobial activities of fennel, ginger, oregano and thyme essential oils. **Food Frontiers**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 508–518, 2021.

NEVES, E. Z.; GARCIA, M. C. F.; APATI, G. P.; PEZZIN, A. P. T.; SCHNEIDER, A. L. S. Desenvolvimento de membranas de celulose bacteriana com incorporação de

extrato vegetal. **23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECiMat)**, [s. l.], p. 7088–7099, 2018.

NGAMPUNWETCHAKUL, L.; TOONKAEW, S.; SUPAPHOL, P.; SUWANTONG, O. Semi-solid poly(vinyl alcohol) hydrogels containing ginger essential oil encapsulated in chitosan nanoparticles for use in wound management. **Journal of Polymer Research**, [s. l.], v. 26, n. 9, 2019.

NOUMI, E.; SNOUSSI, M.; HAJLAOUI, H.; TRABELSI, N.; KSOURI, R.; VALENTIN, E.; BAKHROUF, A. Chemical composition, antioxidant and antifungal potential of *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree) and *Eucalyptus globulus* essential oils against oral *Candida* species. **Journal of Medicinal Plants Research**, [s. l.], v. 5, n. 17, p. 4147–4156, 2011.

PACHECO, G.; DE MELLO, C. V.; CHIARI-ANDRÉO, B. G.; ISAAC, V. L. B.; RIBEIRO, S. J. L.; PECORARO, É.; TROVATTI, E. Bacterial cellulose skin masks—Properties and sensory tests. **Journal of Cosmetic Dermatology**, [s. l.], v. 17, n. 5, p. 840–847, 2018.

PECORARO, É.; MANZANI, D.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. Bacterial cellulose from *glucanacetobacter xylinus*: Preparation, properties and applications. **Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources**, [s. l.], p. 369–383, 2007.

PFEFFER, S.; SANTOS, R.; EBELS, M.; BORDBAR, D.; R. MALCOLM BROWN, J. Complete Genome Sequence of *Komagataeibacter hansenii* Strain SC-3B. **American Society for Microbiology**, Austin, Texas, EUA, v. 5, n. 15, p. 4–5, 2017.

PHANTHONG, P.; REUBROYCHAROEN, P.; HAO, X.; XU, G.; ABUDULA, A.; GUAN, G. Nanocellulose: Extraction and application. **Carbon Resources Conversion**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 32–43, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.crcon.2018.05.004>>

PHUYAL, N.; JHA, P. K.; RATURI, P. P.; RAJBHANDARY, S. In Vitro Antibacterial Activities of Methanolic Extracts of Fruits, Seeds, and Bark of *Zanthoxylum armatum* DC. **Journal of Tropical Medicine**, [s. l.], v. 2020, 2020.

POKAJEWICZ, K.; BIAŁOŃ, M.; SVYDENKO, L.; FEDIN, R.; HUDZ, N. Chemical

composition of the essential oil of the new cultivars of *lavandula angustifolia* mill. Bred in ukraine. **Molecules**, [s. l.], v. 26, n. 18, 2021.

PONTES, S. F. O. **Desenvolvimento De Nanoemulsões De Óleos Essenciais Incorporadas Em Filme De Metilcelulose Para Uso Em Alimentos**. 2013. Universidade Federal de Viçosa, [s. l.], 2013.

POPA, C. L.; LUPITU, A.; MOT, M. D.; COPOLOVICI, L.; MOISA, C.; COPOLOVICI, D. M. Chemical and biochemical characterization of essential oils and their corresponding hydrolats from six species of the Lamiaceae family. **Plants**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 1–18, 2021.

POURALI, P.; RAZAVIANZADEH, N.; KHOJASTEH, L.; YAHYAEI, B. Assessment of the cutaneous wound healing efficiency of acidic, neutral and alkaline bacterial cellulose membrane in rat. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**, [s. l.], v. 29, n. 7, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10856-018-6099-4>>

QIN, M.; MOU, X. J.; DONG, W. H.; LIU, J. X.; LIU, H.; DAI, Z.; HUANG, X. W.; WANG, N.; YAN, X. In Situ Electrospinning Wound Healing Films Composed of Zein and Clove Essential Oil. **Macromolecular Materials and Engineering**, [s. l.], v. 305, n. 3, p. 1–6, 2020.

RADÜNZ, M.; DA TRINDADE, M. L. M.; CAMARGO, T. M.; RADÜNZ, A. L.; BORGES, C. D.; GANDRA, E. A.; HELBIG, E. Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 276, p. 180–186, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.173>>

RAFIQ, M.; HUSSAIN, T.; ABID, S.; NAZIR, A.; MASOOD, R. Development of sodium alginate/PVA antibacterial nanofibers by the incorporation of essential oils. **Materials Research Express**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 035007, 2018. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2053-1591/aab0b4>>

RAHIMIFARD, N.; SHOEIBI, S.; PAKZAD, S. R.; HAJIMEHDIPOOR, H.; SABZEVARI, O.; AJDARY, S. Antifungal activity of the essential oil of *Eugenia caryophyllata* on *Candida albicans*, *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus*. **Biomedical and Pharmacology Journal**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 43–46, 2015.

RAŠKOVIĆ, A.; MILANOVIĆ, I.; PAVLOVIĆ, N.; ĆEBOVIĆ, T.; VUKMIROVIĆ, S.; MIKOV, M. Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil and its hepatoprotective potential. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, [s. l.], v. 14, p. 1–9, 2014.

RECOUVREUX, D. de O. S. **Desenvolvimento de Novos Biomateriais Baseados em Celulose Bacteriana para Aplicações Biomédicas e de Engenharia de Tecidos**. 2008. Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 2008.

RICCI, A.; OLEJAR, K. J.; PARPINELLO, G. P.; KILMARTIN, P. A.; VERSARI, A. Application of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy in the characterization of tannins. **Applied Spectroscopy Reviews**, [s. l.], v. 50, n. 5, p. 407–442, 2015.

RIQUELME, N.; HERRERA, M. L.; MATIACEVICH, S. Active films based on alginate containing lemongrass essential oil encapsulated: Effect of process and storage conditions. **Food and Bioproducts Processing**, [s. l.], v. 104, p. 94–103, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2017.05.005>>

SAJJAD, W.; KHAN, T.; UL-ISLAM, M.; KHAN, R.; HUSSAIN, Z.; KHALID, A.; WAHID, F. Development of modified montmorillonite-bacterial cellulose nanocomposites as a novel substitute for burn skin and tissue regeneration. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 206, n. February 2018, p. 548–556, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.11.023>>

SALEM, N.; KEFI, S.; TABBEN, O.; AYED, A.; JALLOULI, S.; FERES, N.; HAMMAMI, M.; KHAMMASSI, S.; HRIGUA, I.; NEFISI, S.; SGHAIER, A.; LIMAM, F.; ELKAHOUI, S. Variation in chemical composition of *Eucalyptus globulus* essential oil under phenological stages and evidence synergism with antimicrobial standards. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 124, n. March, p. 115–125, 2018.

SANDRI, I. G.; ZACARIA, J.; FRACARO, F.; DELAMARE, A. P. L.; ECHEVERRIGARAY, S. Antimicrobial activity of the essential oils of Brazilian species of the genus *Cunila* against foodborne pathogens and spoiling bacteria. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 103, n. 3, p. 823–828, 2007.

SANTOS, J. C.; FILHO, C. D. C.; BARROS, T. F.; GUIMARÃES, A. G. Atividade antimicrobiana in vitro dos óleos essenciais de orégano, alho, cravo e limão sobre

bactérias patogênicas isoladas de vôngole. **Semina:Ciencias Agrarias**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 1557–1564, 2011.

SCHMIDT, E.; BAIL, S.; FRIEDL, S. M.; JIROVETZ, L.; BUCHBAUER, G.; WANNER, J.; DENKOVA, Z.; SLAVCHEV, A.; STOYANOVA, A.; GEISSLER, M. Antimicrobial Activities of Single Aroma Compounds. **Natural Product Communications**, [s. l.], v. 5, n. 9, 2010.

SCHULTZ, G. S.; SIBBALD, R. G.; FALANGA, V.; AYELLO, E. A.; DOWSETT, C.; HARDING, K.; ROMANELLI, M.; STACEY, M. C.; TEOT, L.; VANSCHIEDT, W. Wound bed preparation: a systematic approach to wound management. **Wound Repair and Regeneration**, [s. l.], v. 11, n. s1, p. S1–S28, 2003. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1046/j.1524-475X.11.s2.1.x>>

SCHULZ, H.; BARANSKA, M. Identification and quantification of valuable plant substances by IR and Raman spectroscopy. **Vibrational Spectroscopy**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 13–25, 2007.

SEN, C. K. Human Wounds and Its Burden: An Updated Compendium of Estimates. **Advances in Wound Care**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 39–48, 2019.

SHAH, N.; UL-ISLAM, M.; KHATTAK, W. A.; PARK, J. K. Overview of bacterial cellulose composites: A multipurpose advanced material. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 98, n. 2, p. 1585–1598, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.018>>

SHARMA, A. D.; FARMAHA, M.; KAUR, I.; SINGH, N. Phytochemical analysis using GC-FID, FPLC fingerprinting, antioxidant, antimicrobial, anti- inflammatory activities analysis of traditionally used Eucalyptus globulus essential oil. **Drug Analytical Research**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 26–38, 2021.

SHARMA, C.; BHARDWAJ, N. K. Fabrication of natural-origin antibacterial nanocellulose films using bio-extracts for potential use in biomedical industry. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 145, p. 914–925, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.182>>

SHARMA, P. K.; SINGH, V.; ALI, M. Chemical composition and antimicrobial activity of fresh rhizome essential oil of Zingiber officinale roscoe. **Pharmacognosy Journal**,

[s. l.], v. 8, n. 3, p. 185–190, 2016.

SHI, C.; SUN, Y.; LIU, Z.; GUO, D.; SUN, H.; SUN, Z.; CHEN, S.; ZHANG, W.; WEN, Q.; PENG, X.; XIA, X. Inhibition of Cronobacter sakazakii Virulence Factors by Citral. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 7, n. February, p. 1–11, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/srep43243>>

SHI, C.; WANG, C.; LIU, H.; LI, Q.; LI, R.; ZHANG, Y.; LIU, Y.; SHAO, Y.; WANG, J. Selection of Appropriate Wound Dressing for Various Wounds. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, [s. l.], v. 8, n. March, p. 1–17, 2020.

SHODA, M.; SUGANO, Y. Recent advances in bacterial cellulose production. **Biotechnology and Bioprocess Engineering**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 1–8, 2005.

SIENKIEWICZ, M.; GLOWACKA, A.; KOWALCZYK, E.; WIKTOROWSKA-OWCZAREK, A.; JÓŹWIAK-BĘBENISTA, M.; ŁYSAKOWSKA, M. The biological activities of cinnamon, geranium and lavender essential oils. **Molecules**, [s. l.], v. 19, n. 12, p. 20929–20940, 2014.

SILVA, F. T. Da; CUNHA, K. F. Da; FONSECA, L. M.; ANTUNES, M. D.; HALAL, S. L. M. El; FIORENTINI, Â. M.; ZAVAREZE, E. da R.; DIAS, A. R. G. Action of ginger essential oil (*Zingiber officinale*) encapsulated in proteins ultrafine fibers on the antimicrobial control in situ. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 118, p. 107–115, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.079>>

SILVA, G. L. Da; LUFT, C.; LUNARDELLI, A.; AMARAL, R. H.; SILVA MELO, D. A. Da; DONADIO, M. V. F.; NUNES, F. B.; DE AZAMBUJA, M. S.; SANTANA, J. C.; MORAES, C. M. B.; MELLO, R. O.; CASSEL, E.; PEREIRA, M. A. de A.; DE OLIVEIRA, J. R. Antioxidant, analgesic and anti-inflammatory effects of lavender essential oil. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, [s. l.], v. 87, n. 2, p. 1397–1408, 2015.

SILVA, R.; HARAGUCHI, S. K.; MUNIZ, E. C.; RUBIRA, A. F. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. **Química Nova**, Maringá - PR, v. 32, n. 3, p. 661–671, 2009.

SILVESTRI, J. D. F.; PAROUL, N.; CZYIEWSKI, E.; LERIN, L.; ROTAVA, I.; CANSIAN,

R. L.; MOSSI, A.; TONIAZZO, G.; OLIVEIRA, D. De; TREICHEL, H. Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Ceres**, [s. l.], v. 57, n. 5, p. 589–594, 2010.

SINGH, G.; KAPOOR, I. P. S.; SINGH, P.; DE HELUANI, C. S.; DE LAMPASONA, M. P.; CATALAN, C. A. N. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 46, n. 10, p. 3295–3302, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2008.07.017>>

SINGH, G.; MAURYA, S.; CATALAN, C.; DE LAMPASONA, M. P. Studies on essential oils, part 42: Chemical, antifungal, antioxidant and sprout suppressant studies on ginger essential oil and its oleoresin. **Flavour and Fragrance Journal**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 1–6, 2005.

SINGH, M. R.; SARAF, S.; VYAS, A.; JAIN, V.; SINGH, D. Innovative approaches in wound healing: trajectory and advances. **Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology**, [s. l.], n. July 2012, p. 1–11, 2013.

SOFI, H. S.; AKRAM, T.; TAMBOLI, A. H.; MAJEED, A.; SHABIR, N.; SHEIKH, F. A. Novel lavender oil and silver nanoparticles simultaneously loaded onto polyurethane nanofibers for wound-healing applications. **International Journal of Pharmaceutics**, [s. l.], v. 569, p. 118590, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2019.118590>>

SOLIMAN, W. S.; SALAHEDDIN, S.; AMER, H. M. Chemical Composition Evaluation of Egyptian Lemongrass, *Cymbopogon citratus*, Essential Oil. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, [s. l.], v. 8, n. 11, p. 630–634, 2017. Disponível em: <<http://www.ijser.org>>

SOUZA, A. C. P. **Extração de compostos fenólicos de subprodutos do processamento de sementes de girassol**. 2013. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2013.

SULAEVA, I.; HENNIGES, U.; ROSENAU, T.; POTTHAST, A. Bacterial cellulose as a material for wound treatment: Properties and modifications: A review. **Biotechnology**

Advances, [s. l.], v. 33, n. 8, p. 1547–1571, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.009>>

TABAI, M. J.; EMTIAZI, G. Comparison of bacterial cellulose production among different strains and fermented media. **Applied Food Biotechnology**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 35–41, 2016.

TEIXEIRA, E. de M.; OLIVEIRA, C. R. De; MATTOSO, L. H. C.; CORRÊA, A. C.; PALADIN, P. D. Nanofibras de algodão obtidas sob diferentes condições de hidrólise ácida. **Polímeros**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 264–268, 2010.

TOPALA, C. M.; TATARU, L. D. ATR-FTIR Study of thyme and rosemary oils extracted by supercritical carbon dioxide. **Revista de Chimie**, Bucharest, v. 67, n. 5, p. 842–846, 2016.

TRUZZI, E.; MARCHETTI, L.; BERTELLI, D.; BENVENUTI, S. Attenuated total reflectance–Fourier transform infrared (ATR–FTIR) spectroscopy coupled with chemometric analysis for detection and quantification of adulteration in lavender and citronella essential oils. **Phytochemical Analysis**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 907–920, 2021.

TSALA, D. E.; AMADOU, D.; HABTEMARIAM, S. Natural wound healing and bioactive natural products. **Phytopharmacology**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 532–560, 2013.

UNALAN, I.; ENDLEIN, S. J.; SLAVIK, B.; BUETTNER, A.; GOLDMANN, W. H.; DETSCH, R.; BOCCACCINI, A. R. Evaluation of Electrospun Poly(ϵ -Caprolactone)/Gelatin Nanofiber Mats Containing Clove Essential Oil for Antibacterial Wound Dressing. **Pharmaceutics**, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 570, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1999-4923/11/11/570>>

VASILE, B. S.; BIRCA, A. C.; MUSAT, M. C.; HOLBAN, A. M. Wound dressings coated with silver nanoparticles and essential oils for the management of wound infections. **Materials**, [s. l.], v. 13, n. 7, 2020.

VERBANIC, S.; SHEN, Y.; LEE, J.; DEACON, J. M.; CHEN, I. A. Microbial predictors of healing and short-term effect of debridement on the microbiome of chronic wounds. **npj Biofilms and Microbiomes**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 1–11, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41522-020-0130-5>>

VIKTOROVÁ, J.; STUPÁK, M.; ŘEHOŘOVÁ, K.; DOBIASOVÁ, S.; HOANG, L.; HAJŠLOVÁ, J.; VAN THANH, T.; VAN TRI, L.; VAN TUAN, N.; RUMIL, T. Lemon Grass Essential Oil does not Modulate Cancer Cells Multidrug Resistance by Citral—Its Dominant and Strongly Antimicrobial Compound. **Foods**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 585, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/5/585>>

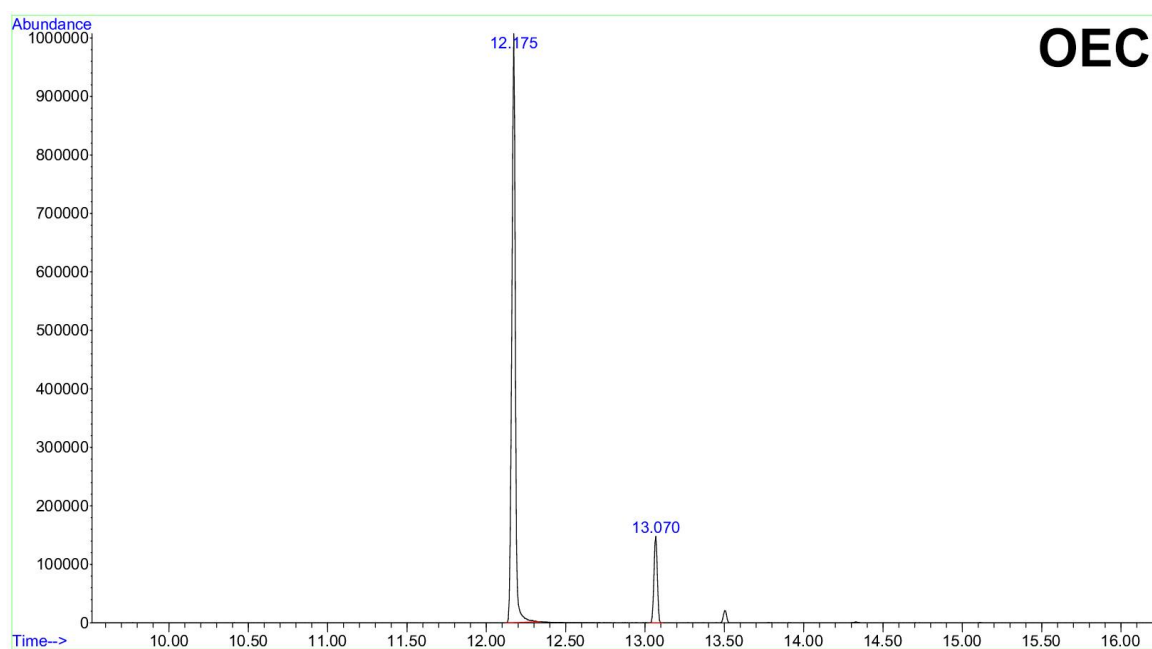
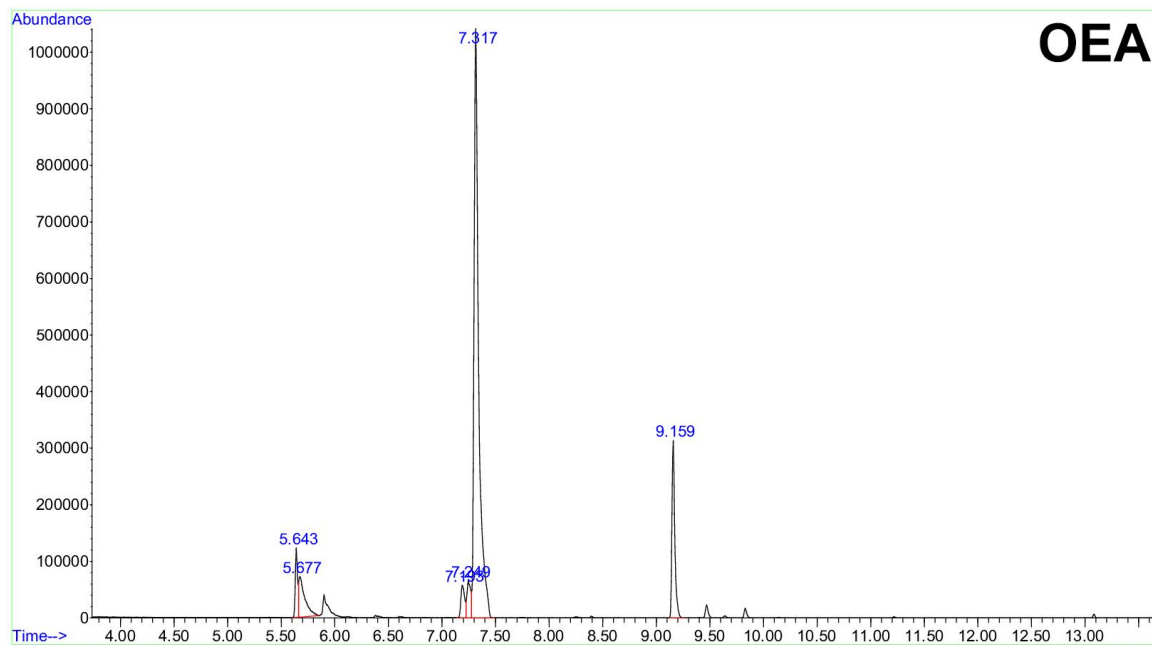
WANG, H.; LIU, Y.; CAI, K.; ZHANG, B.; TANG, S.; ZHANG, W.; LIU, W. Antibacterial polysaccharide-based hydrogel dressing containing plant essential oil for burn wound healing. **Burns & Trauma**, [s. l.], v. 9, p. 1–14, 2021.

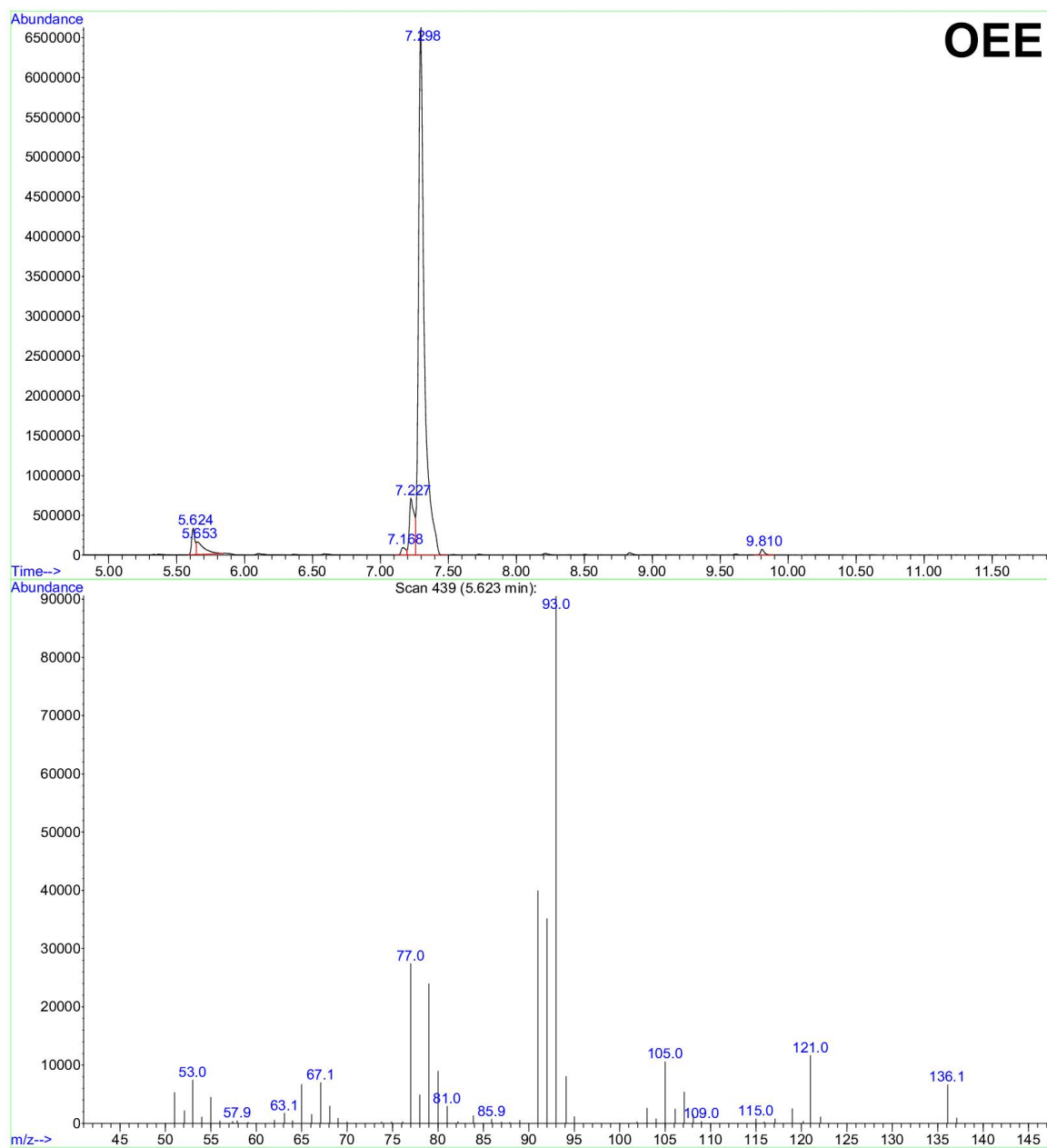
WATERHOUSE, A. L. Determination of Total Phenolics. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. I1.1.1-I1.1.8, 2002.

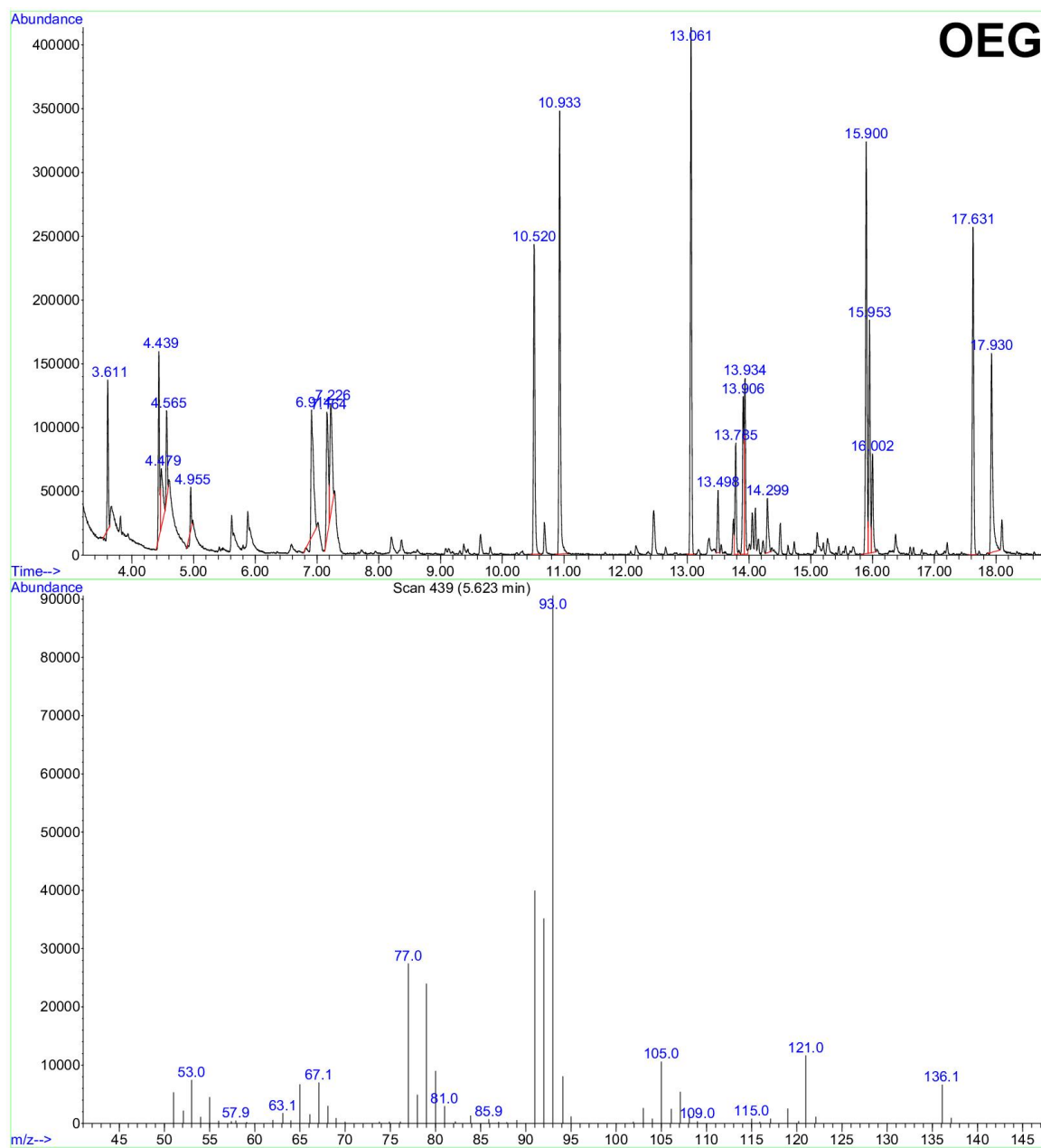
WELLS, R.; TRUONG, F.; ADAL, A. M.; SARKER, L. S.; MAHMOUD, S. S. Lavandula essential oils: A current review of applications in medicinal, food, and cosmetic industries of lavender. **Natural Product Communications**, [s. l.], v. 13, n. 10, p. 1403–1417, 2018.

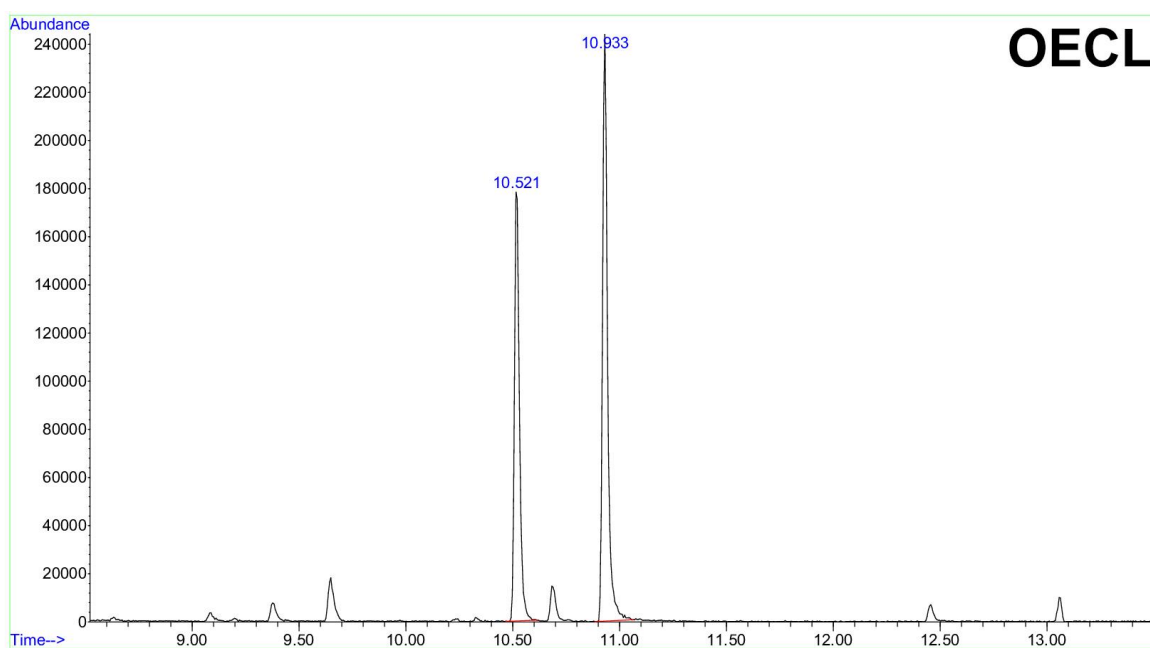
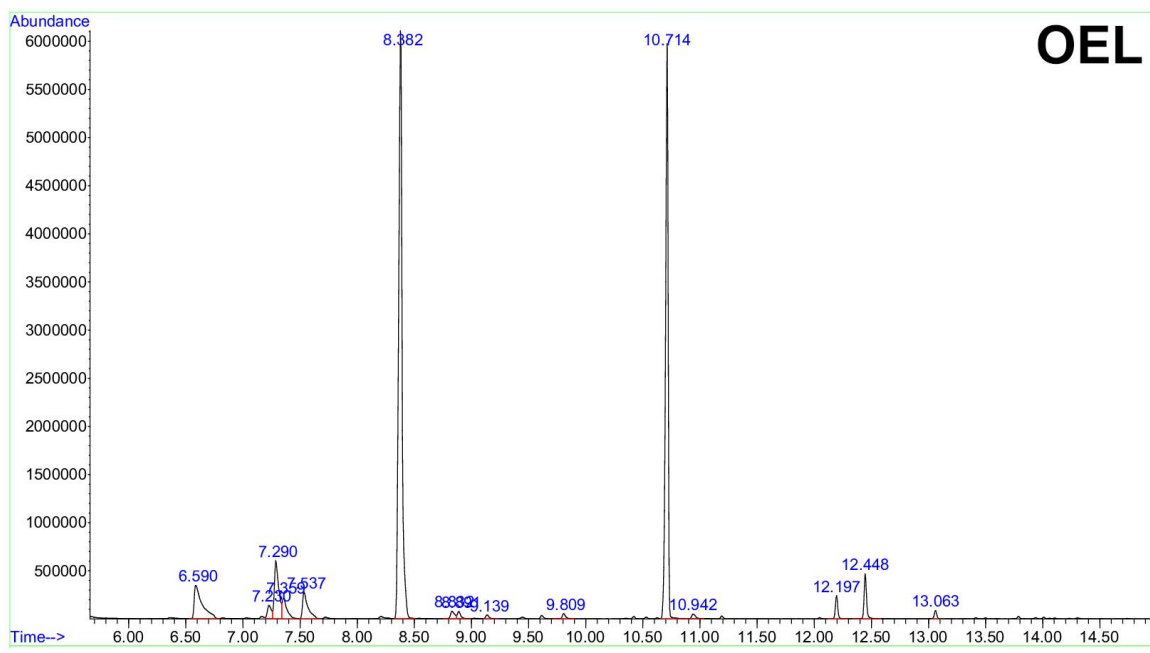
APÊNDICES

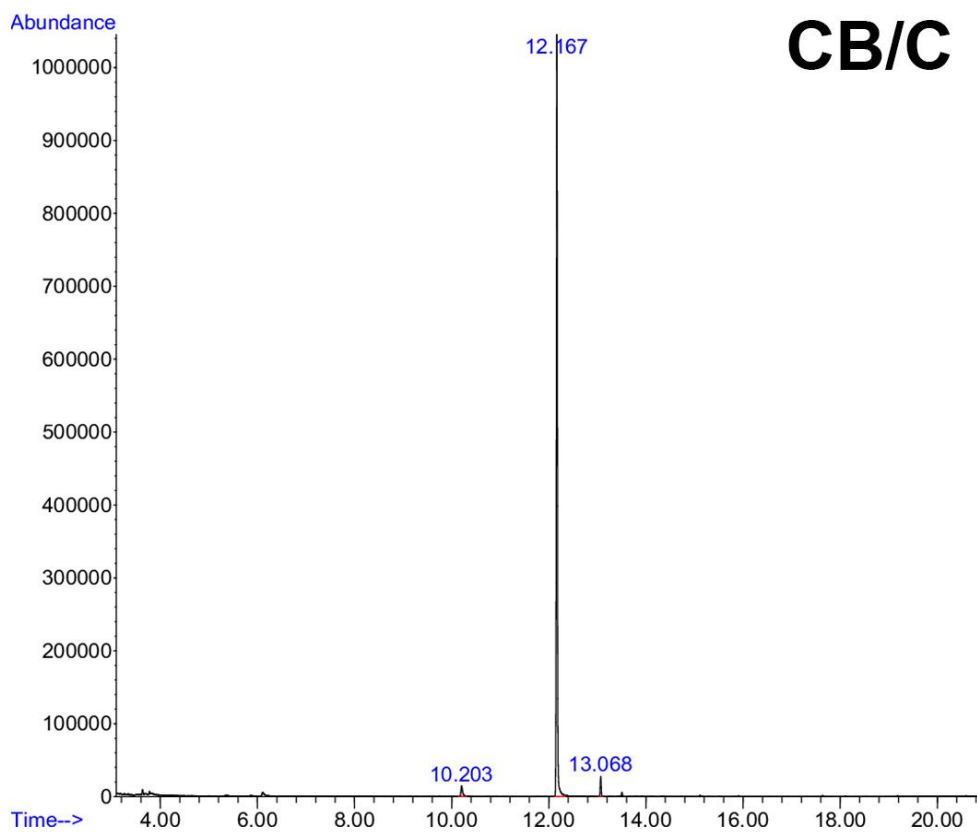
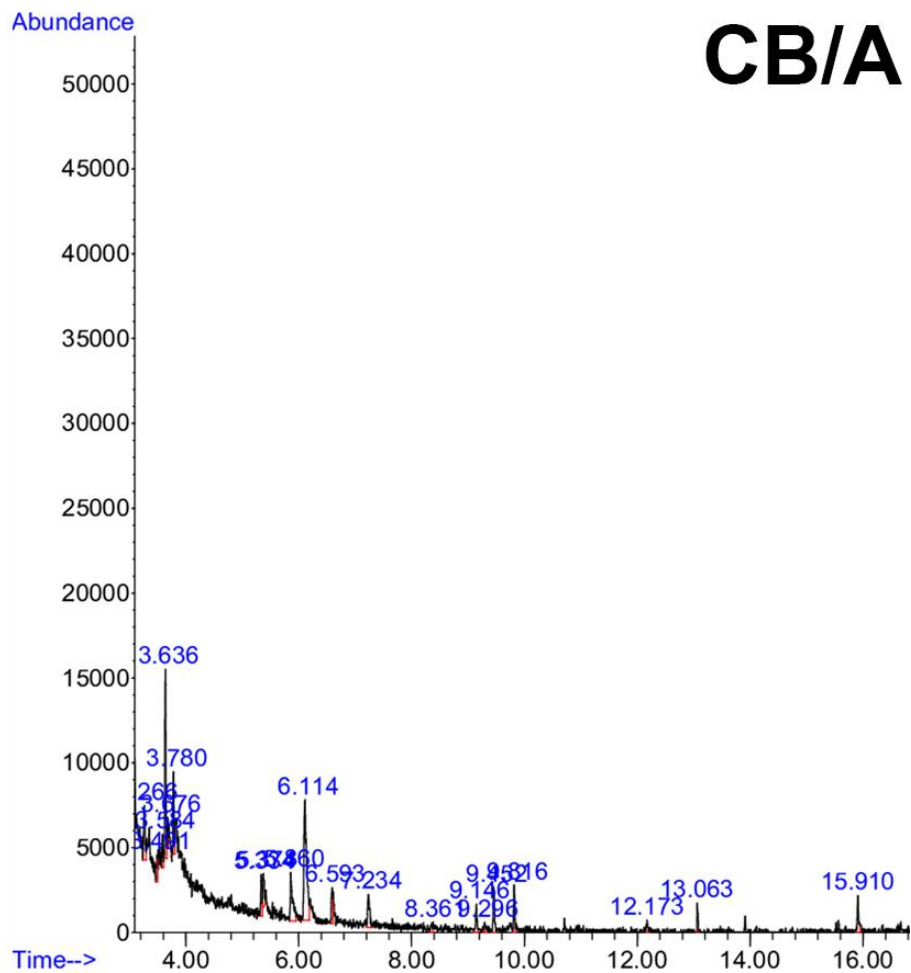
APÊNDICE A - Cromatogramas dos OEs puros e das CBs incorporadas.

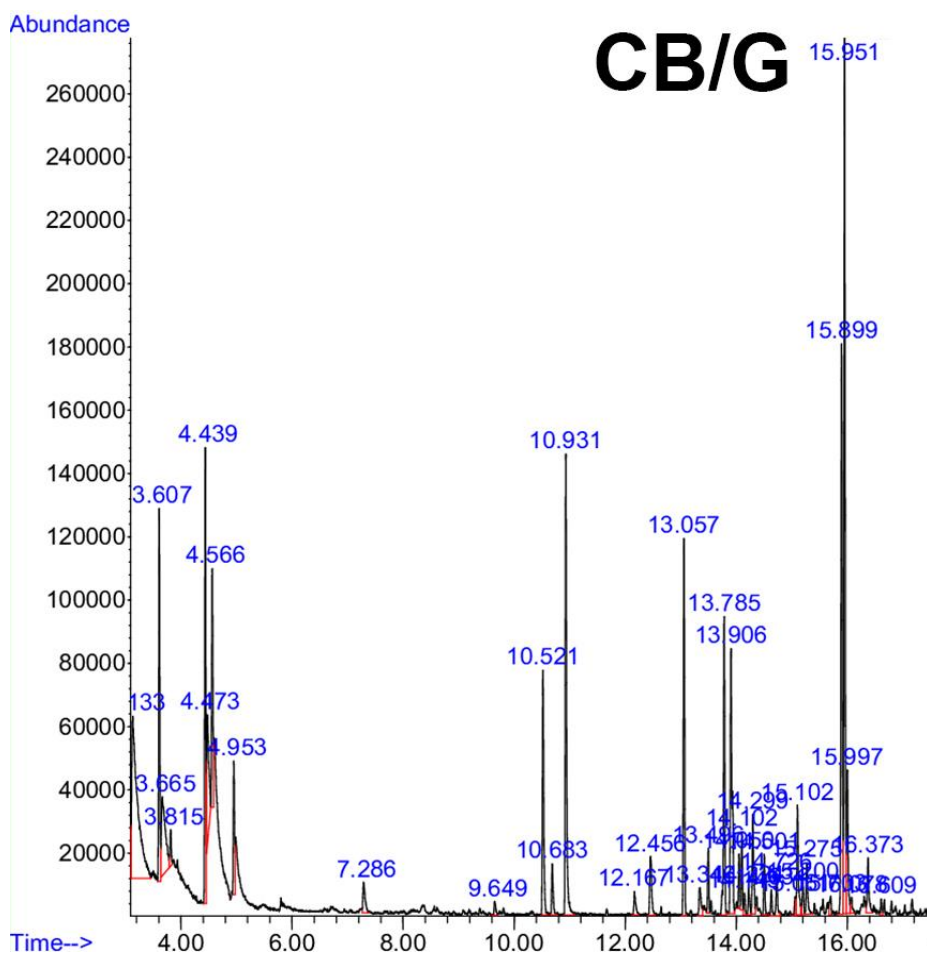
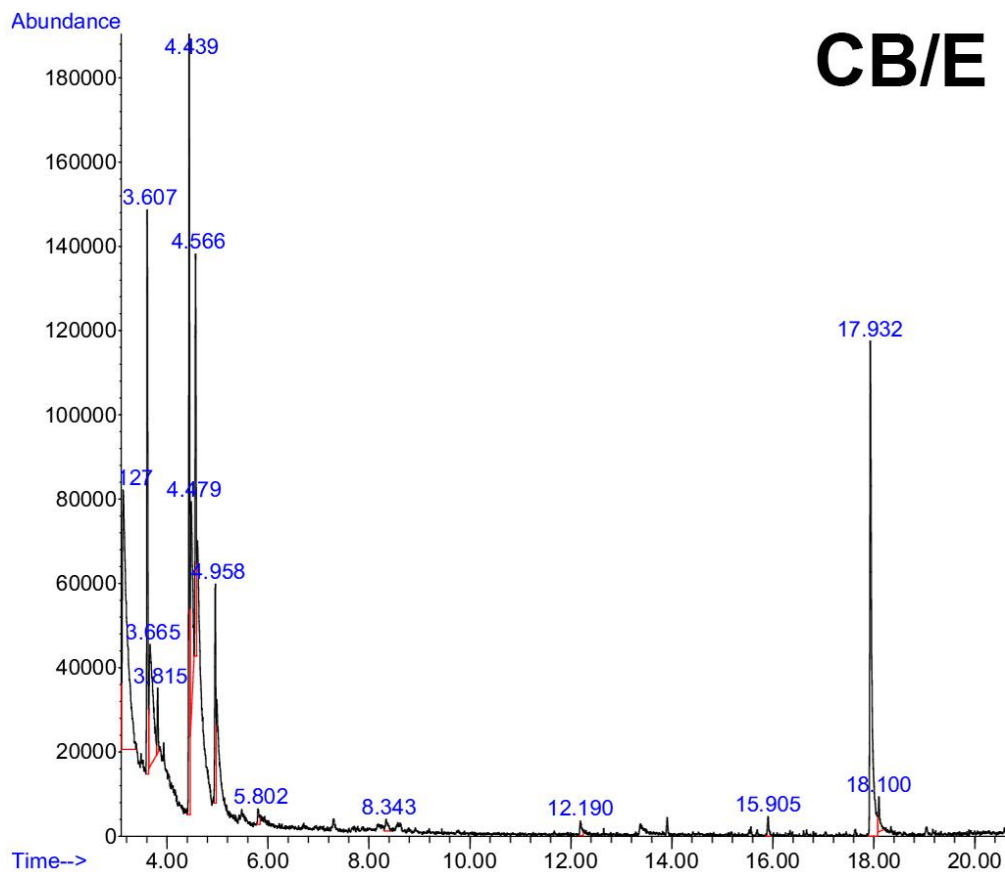


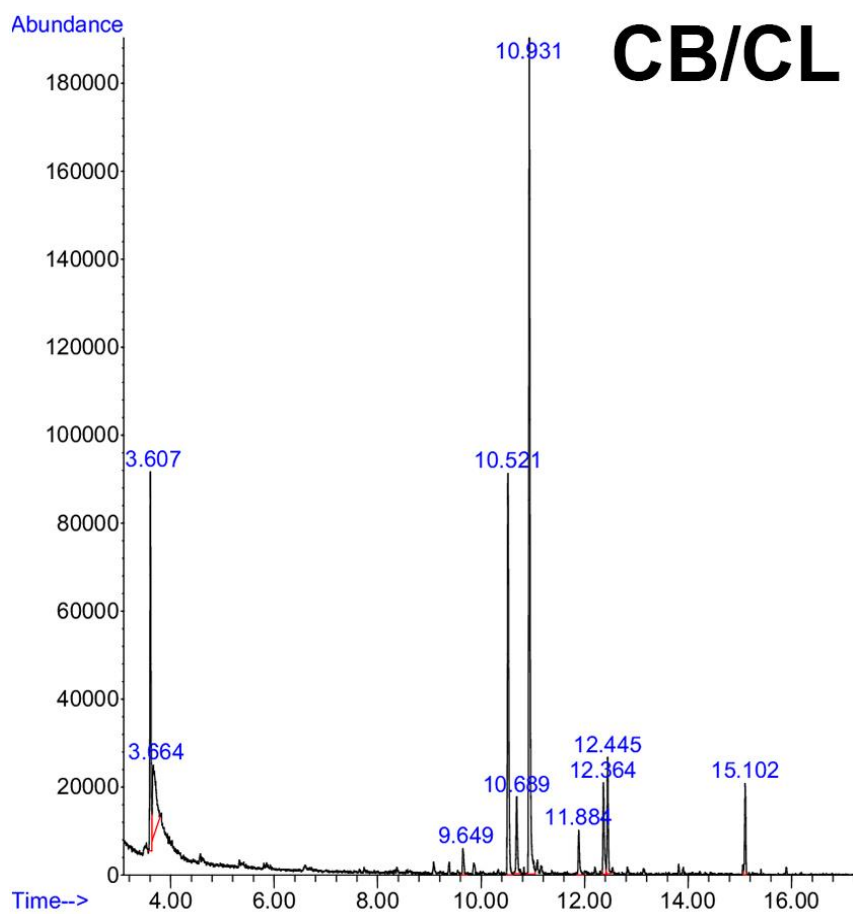
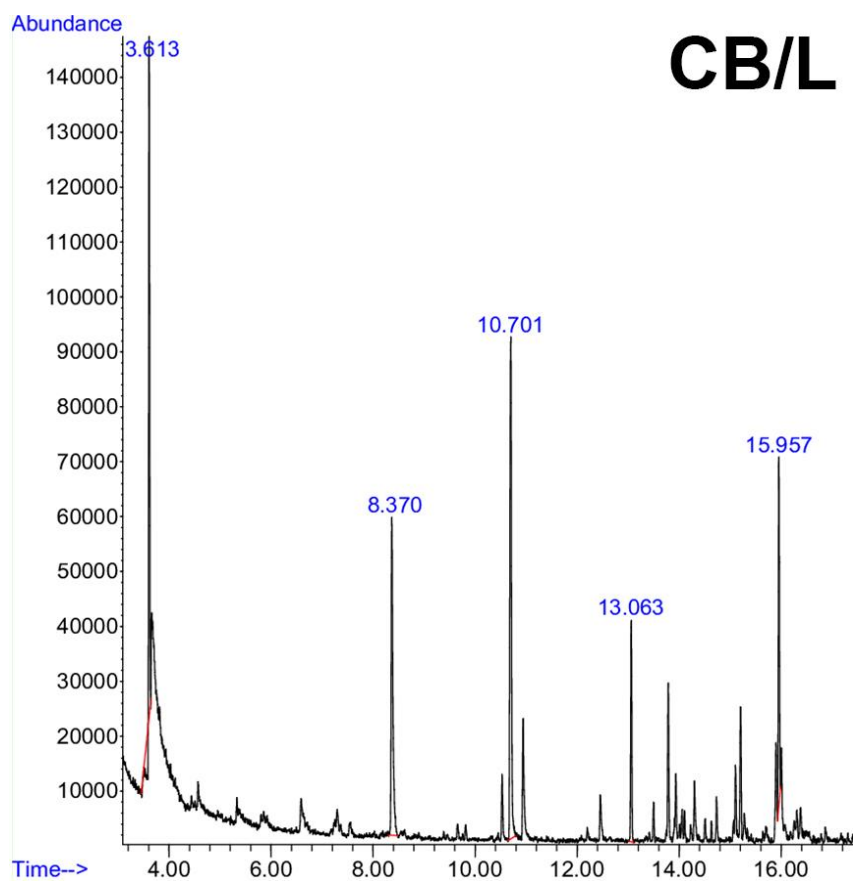


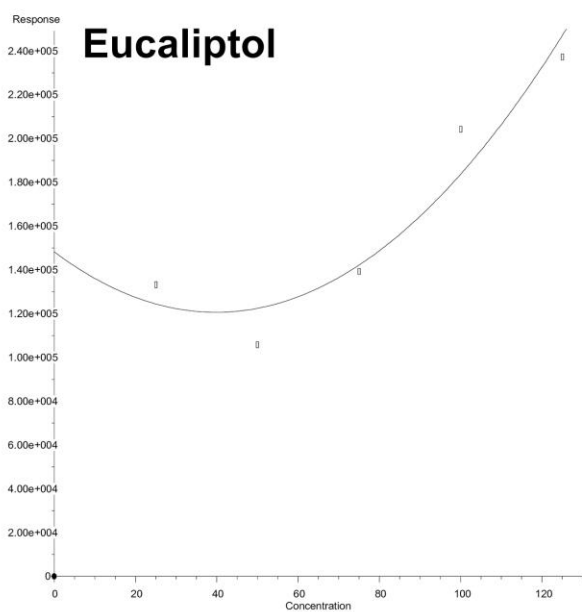
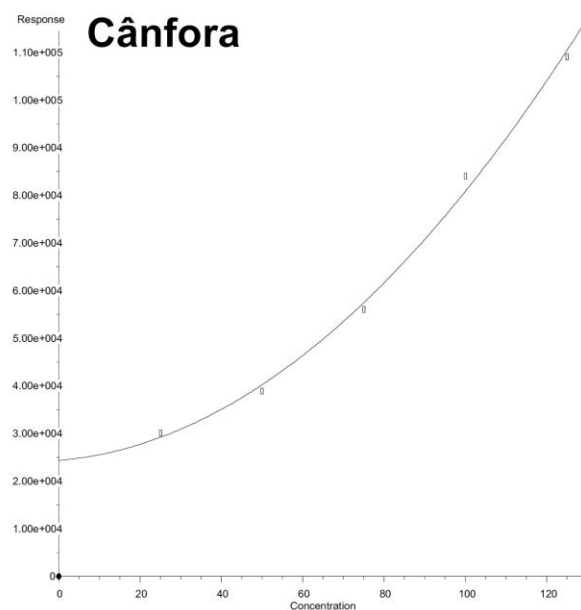
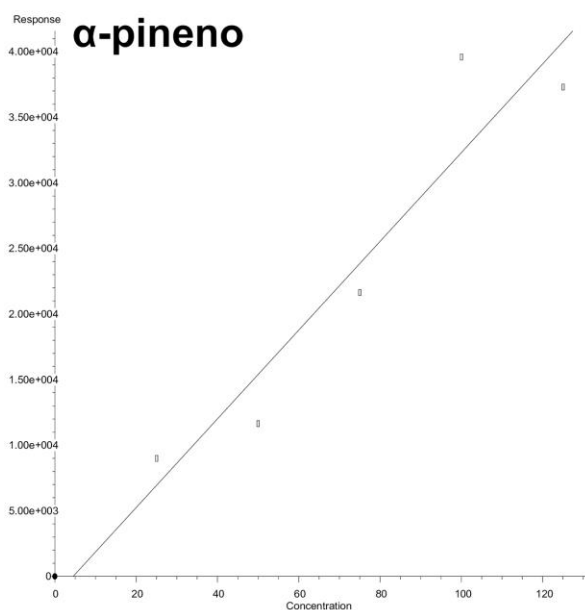




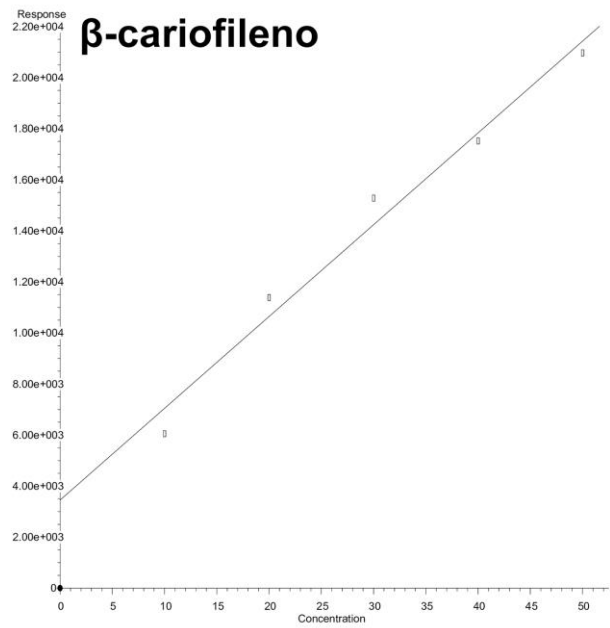
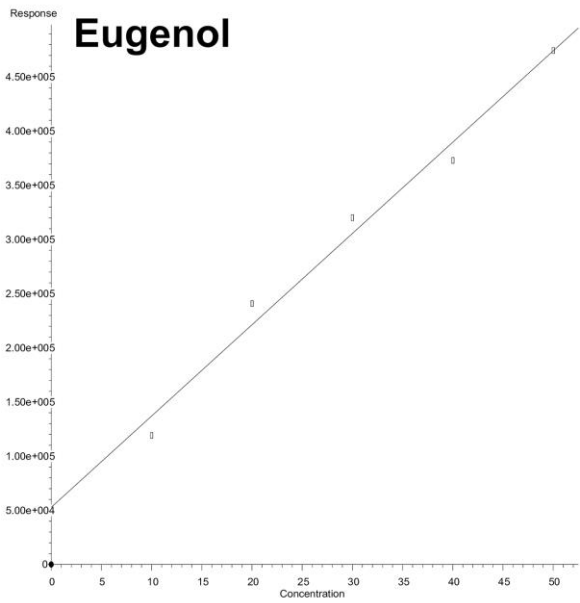




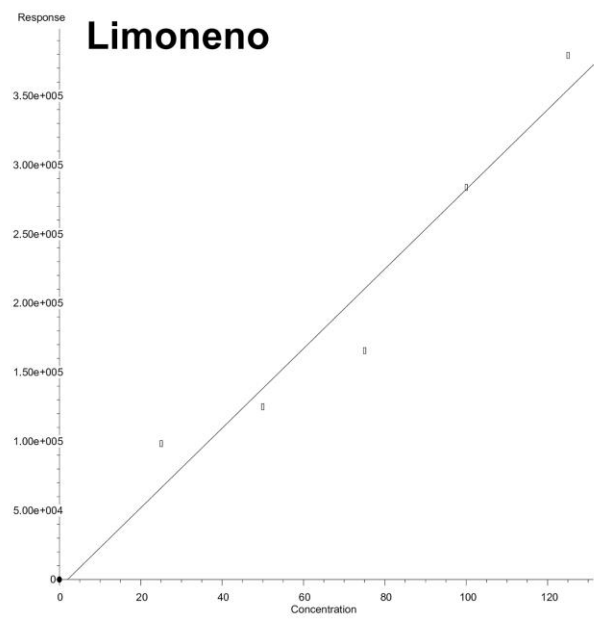
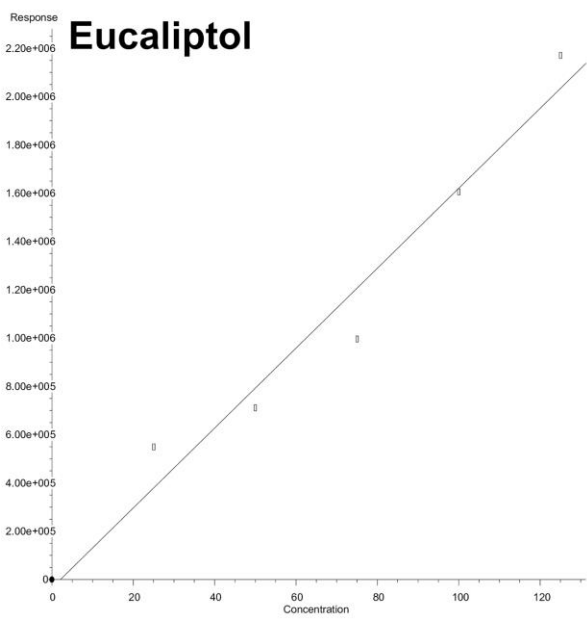


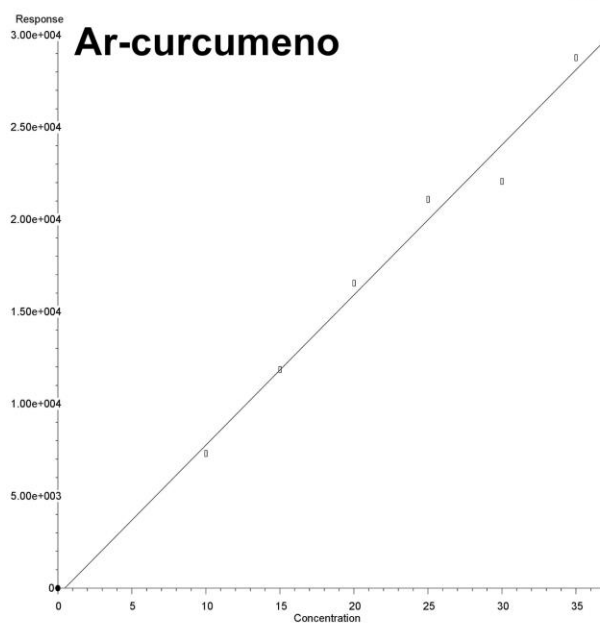
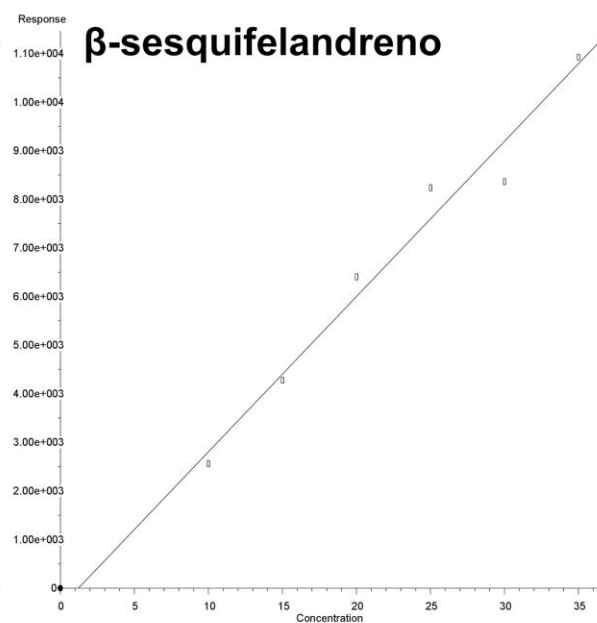
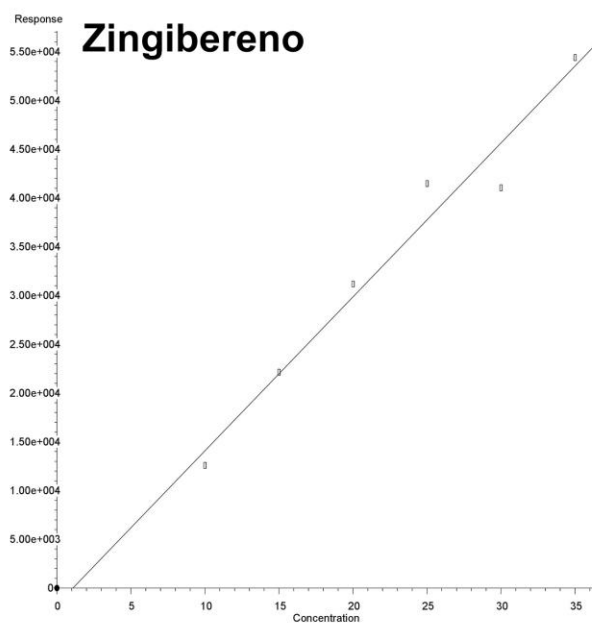
APÊNDICE B - Curvas de calibração dos compostos identificados.**CB/A**

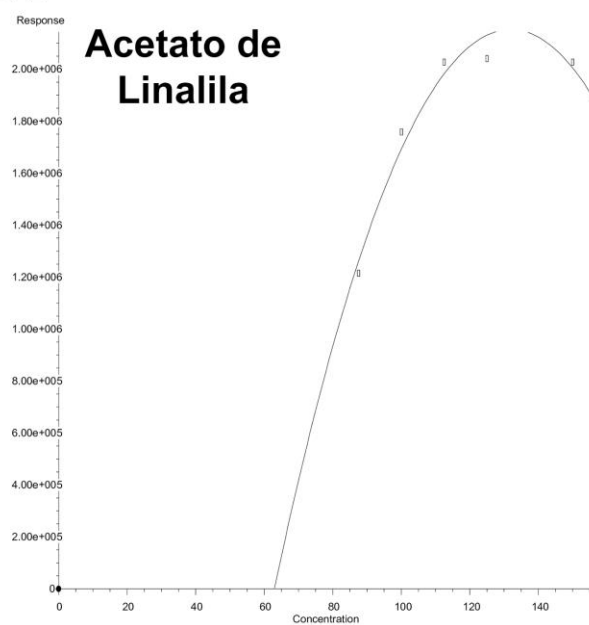
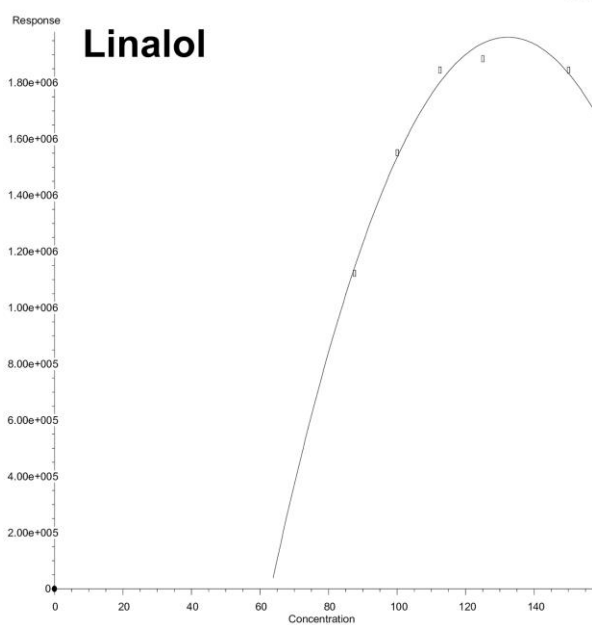
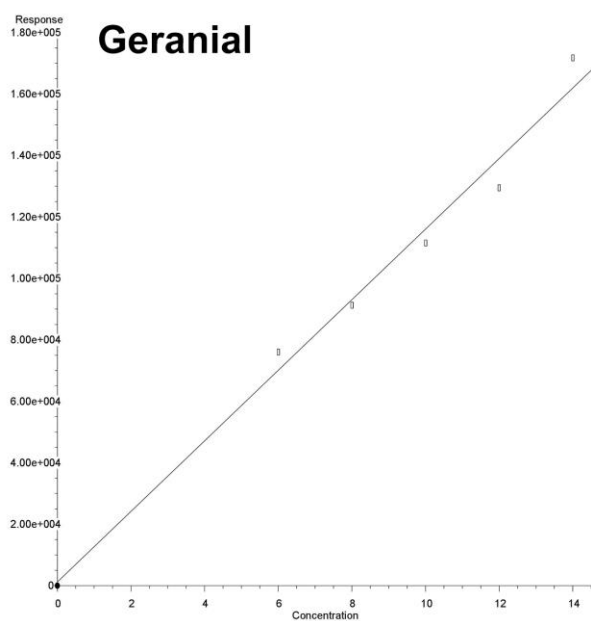
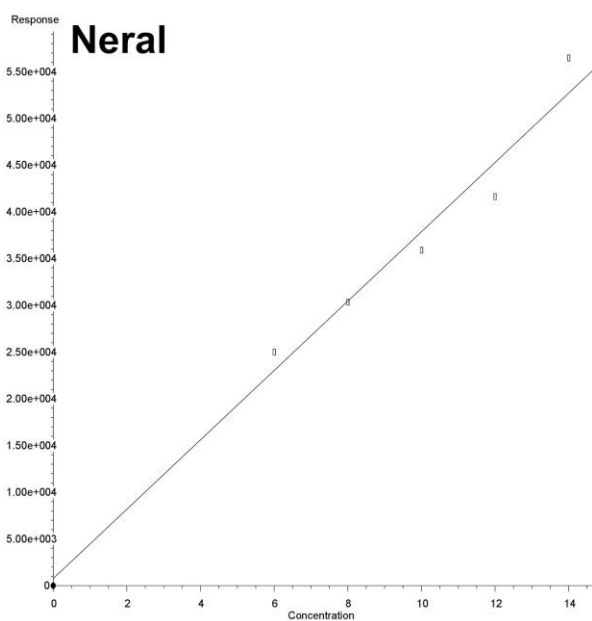
CB/C



CB/E



CB/G**Ar-curcumeno****β-sesquifelandreno****Zingibereno**

CB/L**CB/CL**

APÊNDICE C - Bandas identificadas nos FTIR das amostras

Atribuições	CB	OEA	CB/OEA	OEC	CB/OEC	OEE	CB/OEE	OEG	CB/OEG	OEL	CB/OEL	OECL	CB/OECL	Referências
v O-H	-	-	-	3518	3515	-	-	-	-	-	-	-	-	(HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019; KOPP, 2020)
v O-H	3344	-	3348	-	3441	-	3347	-	3347	3460	3351	-	3347	(RICCI et al., 2015)
v C-H	-	-	-	3077 3060	-	-	3083 3060	-	3083 3060	3088	3083 3060	-	3060	(MOTELICA et al., 2021; TRUZZI et al., 2021)
v C-H	-	2966	-	2976 2958	-	2968	-	2962	2960	2970	-	2968	-	(ANTONIOLI et al., 2020)
v C-H	-	2923	-	2938		2923	2922	2925	2923	2925	2918	2917	2924	(MAULIDNA et al., 2020)
v C-H v CH₂	2896	2882	2923	-	2937 2844	2882	-	-	-	-	-	-	-	(PECORARO et al., 2007)
δ C-H	-	2855	2854	-	-	2854	2853	2860		2858		2857	2854	(ANTONIOLI et al., 2020)
v_s C-H v_a C-H	-	-	-	2843	2844	-	-	-	-	-	2849	-	-	(MÉNDEZ, 2017)
v C=O	-	1746	1745	-	-	-	-	-	-	1739	1735	1734 1723	1715	(DZIMITROWICZ et al., 2019; MARTINS et al., 2021; TRUZZI et al., 2021)
δ C=O	-	-	-	-	-	-	-	1676	1675	1675	-	1672	1674	(ANTONIOLI et al., 2020)
C=C δ H₂O	1641	-	1646	1638	1668 1638	-	1654	1632	1620	1644	-	1632		(BARUD, 2010; GINDRI et al., 2020)
v C=C	-	-	-	1613 1606	1604	-	1601	-	-	-	1601	1611	1601	(HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019; MÉNDEZ, 2017)
C=C	-	-	-			-	1583 1542	-	-	-	1583 1539		1583	(MÉNDEZ, 2017)
v C=C	-	-	-	1511	1512	-	-	1515	1515	-	-	-	-	(HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019; MÉNDEZ, 2017)
δ C-H	-	1466 1446	1456	1464 1451	1464 1451	1466 1446	1452	1447	1452	1451	1452	1442	1452	(MÉNDEZ, 2017)
COO-	1427	-	1429	1431	1431	-	-	-	-	-	-	-	-	(GINDRI et al., 2020; SCHULZ; BARANSKA, 2007)
δ_s CH₃	1371	1374 1361	1361	1367	1367	1374 1361	1373 1361	1377	1376	1369	1367	1395 1377	1377	(BARANSKA et al., 2005)
v C-O	1336	-	1336	-	-	-	1336	-	1337	-	-	-	-	(BORGES et al., 2015)
ω CH₂	1315	1306	1315	-	-	1306	1315	-	1316		1314	-	-	(KAČURÁKOVÁ et al., 2002)
v C=O	1280	1273	1279	-	-	1272	1280	-	1278	-	-	-	-	(GONZALEZ-RIVERA et al., 2021)

C-O	-	-	-	1265	1266	-	-	-	-	-	-	-	-	(HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019; KOPP, 2020)
δ C-O-C	-	1234	-	1231	1232	1234	1249 1235	1229	1228	1238	1239	1232	1224	(KOPP, 2020)
v _a C-O-C	-	1215	-	-	-	1214	1214	-	-	-	-	-	-	(BARANSKA et al., 2005)
O-H	1205		1205	1204	1205		1207	-	-	-	-	-	-	(BARUD, 2010)
C-O	-	-	-	-	-	-	-	1195	1197	-	-	1194	1195	(ANTONIOLI et al., 2020)
v C-O	1161	1167	1160	-	-	1168	1161	-	-	1171	-	-	-	(PECORARO et al., 2007)
C-O	-	-	-	1148	1148	-	-	1153	1159	-	1155	1153	1154	(KOPP, 2020)
v C-O δ C-OH	-	-	-	1121	1121	-	-	1120	-	-	-	1121	-	(MÉNDEZ, 2017)
v C-O v C-C	1109	-	1108	-	-	-	1110	-	1110	1110	1109	-	1112	(KAČURÁKOVÁ et al., 2002)
v C-C δ C-OH	-	1079	-	-	-	1079	-	-	-	1093	-	-	-	(MÉNDEZ, 2017)
v C-O v C-C	1055	1053	1055	-	-	1053	1057	-	1058	-	1057	-	1060	(KAČURÁKOVÁ et al., 2002)
v C-O	1032	-	1032	1033	1033	-	1033	1037	1033	-	1028	-	1028	(BORGES et al., 2015; FALCÃO; ARAÚJO, 2013)
v C-O v C-C	-	1016	1003	-	-	1016	-	-	-	1017	-	-	1001	(KAČURÁKOVÁ et al., 2002)
ω CH ₂	999	985	985	994	994	984	984	985	-	994	-	984	-	(BARANSKA et al., 2005; DZIMITROWICZ et al., 2019)
δ O-H	-	920	-	911	912	920	906	-	-	919	907	-	906	(HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019)
δ C-H	895	887	-	-	-	887 865	-	886	895	-	-	-	-	(GEA et al., 2011)
δ C-H	-	843	-	850	850	843	842	842	-	835	841	842	843	(HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019)
ω C-H	-	814	-	816	817	813	-	816	816	-	-	821	-	(TOPALA; TATARU, 2016)
δ C-H	-	788 764	-	794	794	764	-	786	-	-	-	-	-	(HASHEMINEJAD; KHODAIYAN; SAFARI, 2019)
=CH	748	749	-	745	746	-	756 748	-	757	738	756 748	747	757 748	(MÉNDEZ, 2017)
δ O-H	664	665	665	670 665	700	665	696 669 666	653	698 670 665	690	696 666	664	697 666	(BARUD, 2010)

* v = estiramento (v_s = simétrico, v_a = assimétrico); δ = deformação angular (δ_s = simétrica, δ_a = assimétrica); ω = deformação simétrica fora do plano

APÊNDICE D – Diâmetros dos halos de inibição, em mm (n=3)

Amostra	<i>C. albicans</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
OEA	-	-	-
OEC	20,20 ± 1,30 ^{a, b}	16,33 ± 1,50 ^{c, d}	18,25 ± 2,82 ^b
OEE	-	-	11,25 ± 2,50 ^d
OEG	15,33 ± 0,82 ^{c, d}	16,44 ± 1,42 ^{c, d}	14,00 ± 2,83 ^{c, d}
OEL	-	14,00 ± 1,00 ^{d, e}	10,25 ± 1,71 ^d
OECL	21,67 ± 0,58 ^{a, b}	39,0 ± 3,67 ^a	19,44 ± 3,17 ^b
CB/A	-	-	8,67 ± 0,58 ^d
CB/C	17,78 ± 2,68 ^{b, c}	19,11 ± 0,33 ^c	17,22 ± 1,64 ^{b, c}
CB/E	12,67 ± 0,58 ^d	10,56 ± 1,67 ^{e, f}	12,00 ± 1,00 ^d
CB/G	12,67 ± 0,5 ^d	11,67 ± 1,80 ^e	11,14 ± 1,07 ^d
CB/L	-	7,25 ± 0,50 ^f	-
CB/CL	22,11 ± 3,72 ^a	24,00 ± 3,54 ^b	25,33 ± 3,24 ^a

*Letras diferentes indicam diferenças nas colunas ($p \leq 0,05$)

ANEXOS

ANEXO A – Características dos óleos essenciais.

Óleo essencial	Parte da planta	Origem	Densidade (g/mL)
Alecrim (OEA)	Folhas	Índia	0,905
Cravo (OEC)	Folhas	Índia	0,952
Eucalipto (OEE)	Folhas	Brasil	0,912
Gengibre (OEG)	Rizoma	Índia	0,898
Lavanda (OEL)	Flores	França	0,885
Capim-limão (OECL)	Folhas	Brasil	0,871

*Dados fornecidos pela empresa Phytoterápica (Solua Comercial LTDA)

ANEXO B – Composição dos óleos essenciais.

OEA (%)	OEC (%)	OEE (%)	OEG (%)	OEL (%)	OECL (%)
tujeno (0,9)	eugenol (85,3)	α -tujeno (0,1)	α -pineno (2,2)	α -pineno (0,2)	mirreno (0,2)
α-pineno (23,3)	β-cariofileno (8,3)	α -pineno (4,1)	canfeno (2,7)	canfeno (0,2)	4-nonanona (0,4)
canfeno (5,4)	isoeugenol (1,8)	β -pineno (1,9)	β -pineno (1,4)	octan-3-ona (2,0)	5-hepten-2-ona (0,8)
β -pineno (1,1)	humuleno (2,3)	mirreno (0,5)	δ -3-careno (8,9)	mirreno (0,7)	citronelal (0,4)
sabineno (2,6)	acetato de eugenila (0,6)	α -felandreno (1,8)	α -terpineno (0,6)	o-cimeno (0,3)	linalol (1,6)
mirreno (0,5)	outros (1,7)	p-cimeno (4,4)	p-cimeno (5,5)	p-cimeno (0,8)	acetato de citronelila (1,3)
α -felandreno (0,5)		eucaliptol (73,0)	limoneno (6,9)	limoneno (1,3)	β -cariofileno (1,2)
α -terpineno (0,3)		limoneno (12,1)	eucaliptol (1,3)	eucaliptol (2,4)	neral (30,4)
p-cimeno (5,1)		γ -terpineno (0,7)	terpinoleno (2,1)	linalol (35,1)	geranial (43,2)
limoneno (8,4)		terpinoleno (0,2)	neral (12,7)	cânfora (0,3)	acetato de geranila (3,8)

eucaliptol (18,6)	isopulegol (0,1)	geranial (15,8)	terpinen-4-ol (3,2)	nerol (1,8)
Y-terpineno (1,9)	pulegona (0,4)	β-cariofileno (11,9)	α-terpineol (1,7)	geraniol (10,5)
terpinoleno (0,5)	δ-cadineno (0,6)	humuleno (1,5)	acetato de linalila (26,7)	óxido de cariofileno (1,0)
linalol (1,9)	outros (0,1)	ar-curcumeno (2,6)	acetato de lavandulila (3,1)	outros (3,6)
cânfora (2,0)		zingibereno (4,5)	propionato de geranila (0,6)	
isoborneol (17,3)		α-farneseno (1,8)	cariofileno (3,6)	
borneol (0,7)		α-bisaboleno (0,9)	β-farneseno (3,8)	
terpinen-4-ol (5,3)		sesquifelandreno (2,2)		
α-terpineol (0,7)		ar-tumerona (2,8)		
acetato de bornila (2,1)		tumerona (2,3)		
β-cariofileno (1,2)		curlona (0,8)		
		outros (8,6)		

*Dados fornecidos pela empresa Phytoterápica (Solua Comercial LTDA)

Termo de Autorização para Publicação de Teses e Dissertações

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) a disponibilizar em ambiente digital institucional, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/IBICT) e/ou outras bases de dados científicas, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data 14/03/2023.

1. Identificação do material bibliográfico: () Tese (X) Dissertação () Relatório Técnico

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Autor: Sandro Rogério Kumineck Junior

Orientador: Ana Paula Testa Pezzin

Coorientador: Flares Baratto Filho

Data de Defesa: 28/02/2023

Título: Desenvolvimento de membranas de celulose bacteriana incorporadas com óleos essenciais para uso no tratamento de feridas

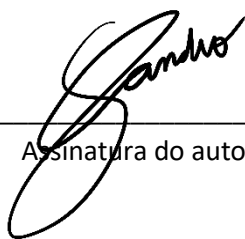
Instituição de Defesa: Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Mestrado em Engenharia de Processos

3. Informação de acesso ao documento:

Pode ser liberado para publicação integral (X) Sim

() Não

Havendo concordância com a publicação eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese, dissertação ou relatório técnico.



Assinatura do autor

Joinville/SC, 14 de março de 2023

Local/Data