

NANOCÁPSULAS DE ÓLEO ESSENCIAL À BASE DE POLÍMERO BIODEGRADÁVEL: síntese e caracterização

BIODEGRADABLE POLYMER-BASED ESSENTIAL OIL NANOCAPSULAS: synthesis and characterization

Bianca Montiel Mendes
bianca.montielmendes@gmail.com

Isabela Costa Fonseca
isabela_cfonseca@hotmail.com

Melissa Gabriel de Barros
melissagabrielbarros@gmail.com

Verônica Trabachini dos Santos
veronicatrabachini@gmail.com

Vitória Cesar Mendes
vitoriacesarm@gmail.com

Valeska Soares Aguiar
valeska.aguiar@facens.br

Centro Universitário Facens – Sorocaba, SP, Brasil.

Submetido em: 30 ago. 2021. Aceito em: 20 jun. de 2022.

RESUMO

Com o crescimento dos casos de doenças transmitidas por vetores como o *Aedes aegypti*, o maior transmissor da dengue no Brasil, os óleos essenciais com propriedades repelentes são considerados uma opção promissora quando associados à nanotecnologia por sua baixa toxicidade e por serem biologicamente amigáveis. A encapsulação do óleo essencial em nanopartículas aumenta a estabilidade da substância promovendo uma liberação controlada no meio em que essas nanopartículas se encontram, aumentando sua durabilidade. Neste trabalho, nanocápsulas de óleos essenciais de cravo-da-índia e melaleuca com propriedades repelentes foram produzidas utilizando a metodologia de nanoprecipitação para o encapsulamento, sendo usado como material base para o revestimento o polímero poli(L-ácido láctico), um polímero biodegradável. O processo de síntese das nanocápsulas está em desenvolvimento e, após sua otimização, pretende-se aplicá-las em tecidos de algodão de forma que eles adquiram a propriedade repelente.

Palavras-chave: Nanocápsulas. Óleo essencial. Fibras têxteis.

ABSTRACT

With the growth of cases of diseases transmitted by vectors such as *Aedes aegypti*, the largest transmitter of dengue in Brazil, essential oils with repellent properties are considered a promising option when associated with nanotechnology due to their low toxicity and because they are biologically friendly. The encapsulation of essential oil in nanoparticles increases the substance's stability, promoting a controlled release in the environment in which these nanoparticles are found, increasing its durability. In this work, nanocapsules of clove and tea tree essential oils with repellent properties were produced using the nanoprecipitation methodology for the encapsulation, being used as base material for the coating the polymer poly(L-lactic acid), a biodegradable polymer. The synthesis process for nanocapsules is under development and, after their optimization, it is intended to apply them to cotton fabrics so that they acquire their repellent

property.

Keywords: Nanocapsules. Essential oil. Textile fibers.

INTRODUÇÃO

Os mosquitos são os vetores de doença que contaminam milhares de pessoas pelo mundo e afetam predominantemente países tropicais e subtropicais. No Brasil, o principal vetor é o *Aedes aegypti*, em que o mosquito fêmea pode contaminar o hospedeiro com apenas uma picada. Ele é responsável pela transmissão de doenças como dengue, febre amarela, febre Chikungunya e Zika que causam grande preocupação à saúde pública, devido à fácil adaptação do mosquito em diferentes condições ambientais. Como ainda não há medicamentos ou vacinas para combater tais doenças, o uso de repelentes ou inseticidas é a alternativa mais empregada para conseguir repelir ou eliminar mosquitos adultos e larvas (ZANATTA, 2017; PIRES, 2018).

O repelente químico mais utilizado desde a década de 1950 em formulação é o N, N-dietil-3-metilbenzamida – o Deet. É conhecido por apresentar alta eficiência e baixa toxicidade, podendo provocar efeitos colaterais como urticária e dermatite de contato. Seu uso é proibido para crianças menores de 2 anos e restrito para crianças entre 2 e 12 anos. O uso demasiado de repelentes químicos pode causar problemas de saúde, ambientais e resistência de algumas espécies de mosquitos à substância (PAGANI, 2019).

⊖ interesse pelo estudo de plantas e sua abrangente aplicação na medicina popular vem ganhando importância por sua ação antifúngica, antibacteriana, inseticida e repelente. O cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) tem origem na Indonésia e, no Brasil, é cultivado majoritariamente no sul da Bahia. É conhecido por ser uma especiaria muito utilizada na culinária tendo como característica seu forte sabor e odor. O óleo essencial do cravo-da-índia é extraído do botão floral seco. O eugenol é o composto químico em maior quantidade e seu teor varia entre 70 e 98% da composição total do óleo, e sendo responsável pela atividade bactericida, fungicida, antiviral e repelente da planta (RABÊLO, 2010).

A *Melaleuca alternifolia* (pertencente à família das Mirtáceas), também chamada de *tea tree*, tem o seu óleo essencial como um dos principais produtos. Devido às diversas comprovações científicas sobre suas ações antifúngicas e bactericidas, o óleo tomou grande importância dentro da medicina, podendo ser utilizado para pesquisas de controle de doenças humanas (MARTINS *et al.*, 2015). A composição química do óleo essencial de melaleuca consiste na mistura de, aproximadamente, 97 compostos orgânicos, na qual a maioria desses compostos já foram identificados e caracterizados por diversas pesquisas. As principais moléculas constituintes do óleo são terpinen-4-ol, terpinenos, pinenos e álcoois sesquiterpenos (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

As formulações de repelentes naturais consistem em um desafio devido a sua natureza lipofílica e sua volatilidade. Uma solução para esta situação desafiadora é a incorporação desses óleos em micro ou nanocápsulas. O óleo encapsulado tem sua liberação controlada no meio, aumentando a duração e a efetividade atribuída a ele. Também de forma inovadora, é possível impregnar os óleos essenciais contidos nas cápsulas em fibras têxteis. A indústria têxtil está sendo pioneira no campo da nanotecnologia, atribuindo à composição têxtil um

maior valor agregado devido a sua multifuncionalidade. Nanopartículas contendo óleo essencial de cravo-da-índia e melaleuca com impregnação em fibras têxteis são alvos de estudos por serem uma opção de baixo custo, com efetivo poder repelente e com baixa absorção pela pele (PAGANI, 2019; SIMOM; 2016).

O processo de encapsulação refere-se ao envolvimento do componente ativo em uma espécie de parede polimérica. No caso das nano e microcápsulas, há diversas metodologias para seu preparo, como a coacervação simples ou complexa, a emulsificação-evaporação de solvente, a emulsificação-difusão, a gelatinização iônica e a nanoprecipitação. As partículas devem possuir diâmetros inferiores a 1 μm (ROSSA, 2019).

Diante da relevância deste tema, este trabalho teve o intuito de desenvolver nanocápsulas contendo óleo essencial de cravo-da-índia e malaleuca envolvidos pelo polímero poli(L-ácido láctico). O método escolhido para o preparo foi a nanoprecipitação, que consiste basicamente no preparo de duas fases, uma orgânica e outra aquosa e, posteriormente à evaporação do solvente, é obtido como produto a nanocápsula. A fase orgânica é composta pelo polímero, solventes, princípio ativo e tensoativo com caráter hidrofóbico, já a fase aquosa é composta normalmente por água e outro tensoativo, este de caráter hidrofílico. A vantagem da metodologia de nanoprecipitação é a obtenção instantânea de nanocápsulas e sua simplicidade (ANTONIOLI, 2019).

DESENVOLVIMENTO

Materiais

Com o objetivo de obter nanocápsulas de poli(L-ácido láctico) contendo óleo essencial de cravo-da-índia e melaleuca, que possam ser empregadas em substratos têxteis e garantir a propriedade repelente, foram empregados na síntese os reagentes e solventes clorofórmio (grau de pureza para análise), água deionizada (tipo Milli-Q), lecitina de soja comercial (Dinâmica Química Contemporânea), poli(L-ácido láctico) (Ingeo Biopolymer 4043D NatureWorks), polissorbato 80 ou Tween 80 (Dinâmica Química Contemporânea), óleo essencial de cravo-da-índia (Via Aroma) e óleo essencial de melaleuca (Via Aroma).

Métodos

Síntese das nanocápsulas de poli(L-ácido láctico) (PLLA) com óleo essencial de cravo-da-índia ou melaleuca

A encapsulação dos óleos essenciais de cravo-da-índia e melaleuca (separadamente) ocorreu utilizando o procedimento de nanoprecipitação, tendo como base a metodologia de Freiburger (2013) adaptada. Para o preparo da fase orgânica, o PLLA e a lecitina de soja foram dissolvidos em clorofórmio sob agitação constante por 1 hora a 30°C.

O óleo essencial de cravo-da-índia ou melaleuca foi adicionado, e a mistura resultante foi mantida sob agitação por mais 30 minutos à temperatura ambiente. Em paralelo, preparou-se a fase aquosa contendo água deionizada e polissorbato 80 (Tween 80) mantidos sob agitação constante por 30 minutos à temperatura ambiente.

Em seguida, verteu-se a fase orgânica, utilizando uma pipeta de Pasteur.

A mistura foi mantida sob agitação constante por 1 hora a 30°C para a eliminação do solvente. O processo de evaporação do solvente se estendeu até que o volume da suspensão final de nanocápsulas em água fosse de aproximadamente 5 mL, o que levou cerca de 20 horas.

O procedimento foi realizado em triplicata e a formulação empregada encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Formulação utilizada para síntese de nanocápsulas de PLLA contendo óleo de cravo-da-índia ou melaleuca

Reagentes da fase orgânica		Quantidade
Polímero	PLLA	0,0800 g (2 pellets)
Óleo essencial	cravo-da-índia / melaleuca	130 µL
Solvente	clorofórmio	10 mL
Tensoativo	lecitina de soja	0,0765 g
Reagentes da fase aquosa		Quantidade
Tensoativo	polissorbato 80	0,1800 g (5 gotas na pipeta de Pasteur)
Solvente	água deionizada	20 mL

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Para identificar a existência de possíveis interações químicas entre os compostos utilizados no processo de nanoencapsulação do óleo, realizou-se a espectroscopia no infravermelho. (LEITE; PRADO, 2012). Foi empregada a faixa de 4000 a 650 cm^{-1} para cada amostra e os espectros obtidos foram normalizados.

Determinação do pH

As análises de pH permitem o acompanhamento da estabilidade dos nanotransportadores, já que variações no pH podem indicar alterações nas estruturas internas da nanocápsula causadas por uma possível degradação dos polímeros nas nanopartículas poliméricas (DELGADO, 2013).

Utilizou-se o papel universal de pH para esta análise, que ocorreu logo após a síntese das nanocápsulas. A determinação do pH da amostra ocorre pela comparação da cor obtida na tira com a cartela fornecida pelo fabricante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das nanocápsulas por Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Caracterização dos componentes

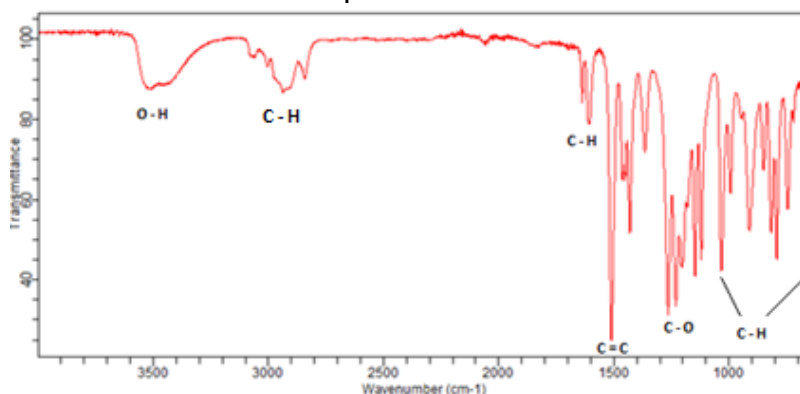
Primeiramente foi realizada a caracterização dos componentes utilizados na confecção das nanocápsulas, para comparar e analisar os espectros obtidos para as nanocápsulas com os espectros dos componentes, verificando se as amostras obtidas foram sintetizadas com qualidade.

Óleo essencial de cravo-da-índia

No espectro do óleo essencial de cravo-da-índia (Figura 1), a banda localizada na região próxima a 3500 cm^{-1} representa um alongamento O–H que evidencia a presença de água no óleo essencial, porém tal ocorrência não deve interferir negativamente nos resultados de repelência.

Já banda localizada na região próxima a 3000 cm^{-1} indica a presença de um estiramento do grupo C–H. O pico em aproximadamente 1800 cm^{-1} indica uma flexão C–H em metileno, enquanto os picos seguintes, entre 1650 cm^{-1} e 1400 cm^{-1} , correspondem ao estiramento da ligação C=C presente no anel. O pico próximo a 1150 cm^{-1} é característico de dobramentos nas ligações C–H nos grupos fenil e metil. Os picos pontiagudos em cerca de 1250 cm^{-1} e 1020 cm^{-1} representam alongamentos de C–O nos grupos aromáticos e, na última região, no intervalo entre 950 cm^{-1} e 700 cm^{-1} , pode-se identificar uma curvatura de C–H em metileno. Todas as bandas citadas indicam a presença do componente majoritário do óleo, o eugenol (YADAV; BALASUBRAMANIAN, 2014).

Figura 1 – Espectro de infravermelho do óleo essencial de cravo-da-índia, sendo os eixos Y e X correspondentes à transmitância e ao número de onda, respectivamente



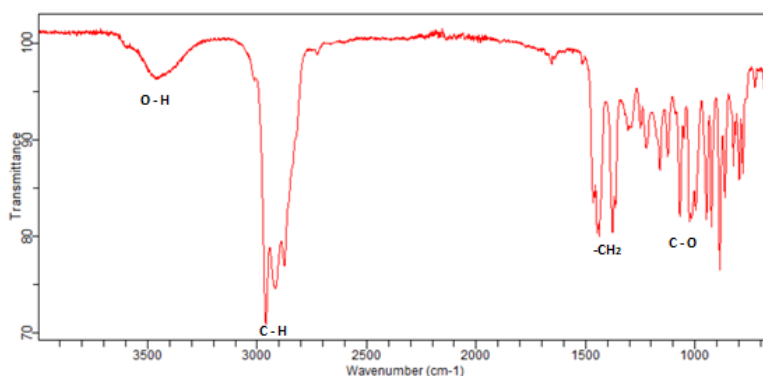
Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

Óleo essencial de melaleuca

No espectro do óleo essencial de melaleuca (Figura 2), a banda localizada na região próxima a 3500 cm^{-1} representa um alongamento O–H que evidencia a presença de água no óleo essencial, porém tal ocorrência também não deve interferir negativamente nos resultados de repelência.

A banda localizada na região próxima a 2900 cm^{-1} indica a presença de um estiramento do grupo C–H. O pico entre 1446 e 1357 cm^{-1} indica uma vibração de dobramento da ligação $-\text{CH}_2$, enquanto os picos pontiagudos em cerca de 1250 cm^{-1} e 1020 cm^{-1} representam alongamentos de C–O nos grupos aromáticos. Todas as bandas citadas e seus perfis indicam a presença dos componentes majoritários do óleo de melaleuca, os terpinenos, os pinenos e os álcoois sesquiterpenos (CORTEZ *et al.*, 2011).

Figura 2 – Espectro de infravermelho do óleo essencial de melaleuca, sendo os eixos Y e X correspondentes à transmitância e ao número de onda, respectivamente

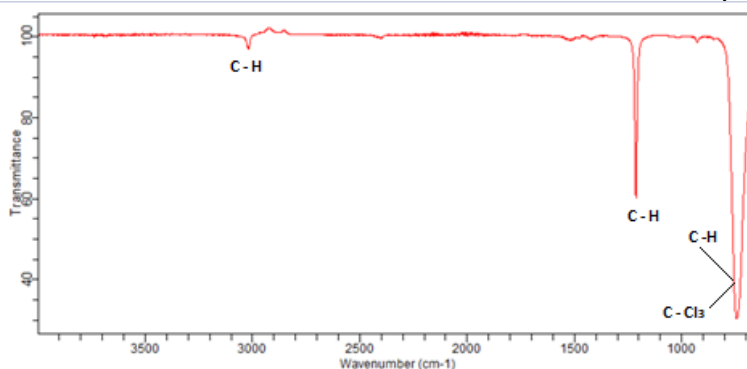


Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

Clorofórmio

No espectro do clorofórmio (Figura 3), a banda localizada na região próxima a 3000 cm^{-1} indica a presença de um estiramento do grupo C–H. Seguindo o espectro, o pico em aproximadamente 1200 cm^{-1} indica a presença de um dobramento do grupo C–H, enquanto o pico pontiagudo entre 800 cm^{-1} e 700 cm^{-1} representa o estiramento do grupo C–H e a deformação da ligação C–Cl₃ (BANHARA, 2016).

Figura 3 – Espectro de infravermelho do clorofórmio, sendo os eixos Y e X correspondentes à transmitância e ao número de onda, respectivamente



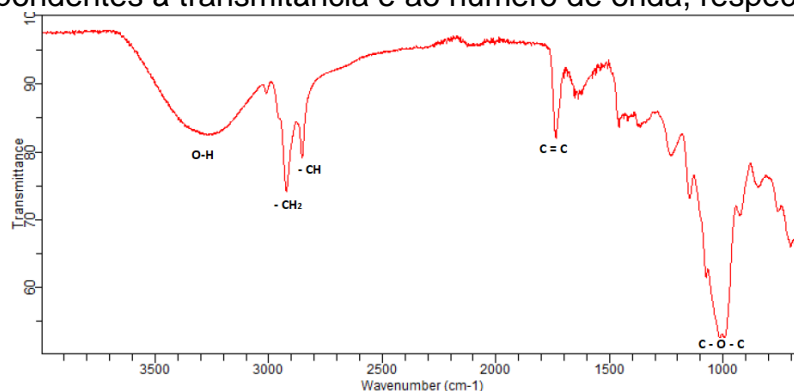
Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

Lecitina de soja

No espectro da lecitina de soja (Figura 4), a banda acentuada entre 3500 e 3000 cm^{-1} indica um estiramento de O–H, o que permite constatar a presença de umidade na lecitina. As bandas próximas a 2900 cm^{-1} caracterizam uma

deformação em $-\text{CH}_2$ e uma deformação em $-\text{CH}$, pois, de acordo com a literatura, essas bandas se encontram próximas a 2926 e 2853 cm^{-1} . A banda entre 1650 cm^{-1} e 1400 cm^{-1} corresponde ao estiramento da ligação $\text{C}=\text{C}$ presente no ciclo e, na última região, no intervalo entre 1000 cm^{-1} e 1020 cm^{-1} , pode-se identificar uma deformação de $\text{C}-\text{O}-\text{C}$. Todas as bandas citadas são características de grupos de átomos que compõem a estrutura de fosfolípidos (TORRES, 2010).

Figura 4 – Espectro de infravermelho da lecitina de soja, sendo os eixos Y e X correspondentes à transmitância e ao número de onda, respectivamente

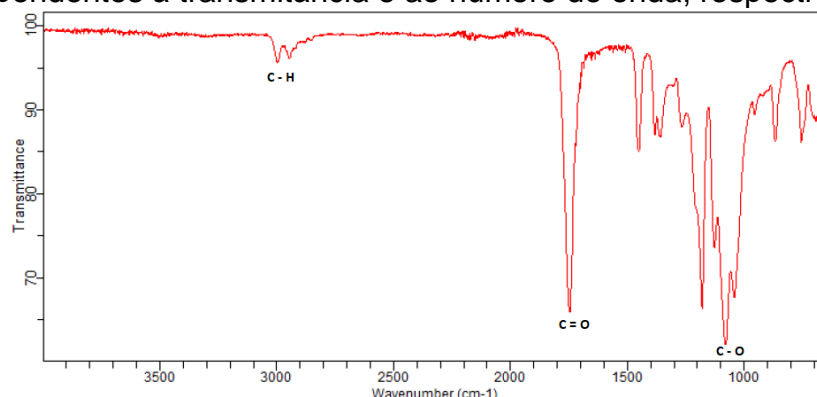


Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

PLLA

No espectro do PLLA (Figura 5), a banda localizada na região próxima a 3000 cm^{-1} indica a presença de um estiramento do grupo $\text{C}-\text{H}$. Seguindo o espectro, na região próxima a 1750 cm^{-1} observa-se uma banda forte e intensa referente ao estiramento do $\text{C}=\text{O}$, assim como uma banda relativa ao $\text{C}-\text{O}$ em 1183 cm^{-1} (EINLOFT *et al.*, 2015).

Figura 5 – Espectro de infravermelho do PLLA, sendo os eixos Y e X correspondentes à transmitância e ao número de onda, respectivamente



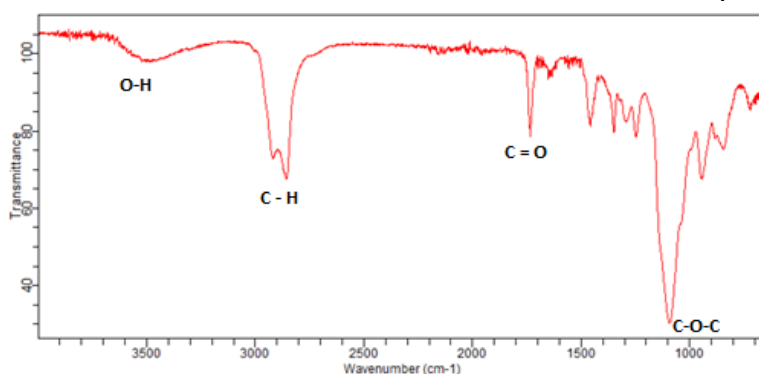
Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

Polissorbato 80

No espectro do polissorbato 80 (Figura 6), a banda entre 3500 e 3000 cm^{-1} indica um estiramento da ligação $\text{O}-\text{H}$. As bandas próximas a 2900 cm^{-1} caracterizam uma deformação em $\text{C}-\text{H}$. A banda entre 1700 e 1750 cm^{-1}

representa o estiramento do grupo funcional C=O, e, na última região, no intervalo entre 1000 cm^{-1} e 1100 cm^{-1} , pode-se identificar uma deformação de C-O-C (LOREVICE, 2015).

Figura 6 – Espectro de infravermelho do polissorbato 80, sendo os eixos Y e X correspondentes à transmitância e ao número de onda, respectivamente

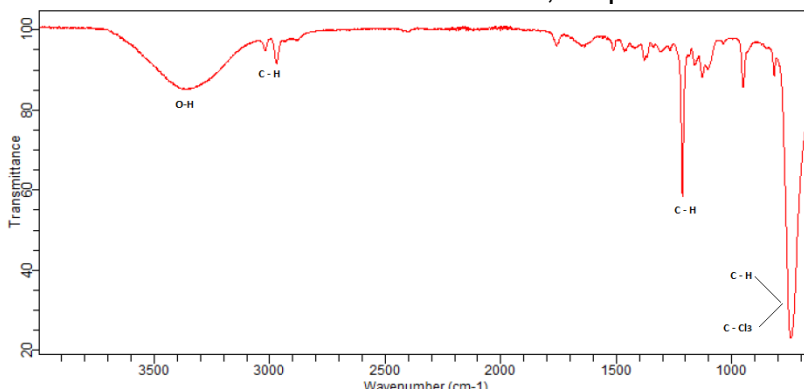


Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021.

Caracterização das amostras de nanocápsulas

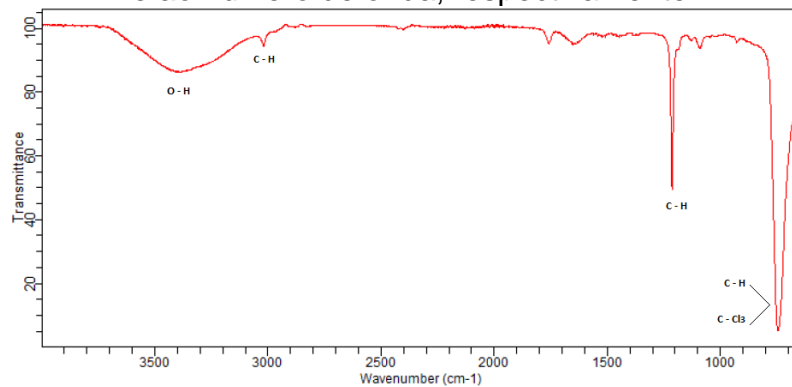
As Figuras 7 e 8 correspondem aos espectros de infravermelho de uma das amostras obtidas em triplicata para as nanocápsulas de óleo essencial de cravo-da-índia e de melaleuca, respectivamente. Os espectros das três replicatas realizadas para cada amostra apresentaram perfis similares. O tempo de secagem dessas amostras foi de 18 horas. Após esse período, as nanocápsulas apresentaram aparência leitosa, conforme Figura 9.

Figura 7 – Espectro de infravermelho da amostra 3 de nanocápsulas com óleo essencial de cravo-da-índia, sendo os eixos Y e X correspondentes à transmitância e ao número de onda, respectivamente



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

Figura 8 – Espectro de infravermelho da amostra 2 de nanocápsulas com óleo essencial de melaleuca, sendo os eixos Y e X correspondentes à transmitância e ao número de onda, respectivamente



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021

Figura 9 – Suspensão de nanocápsulas com óleo essencial de melaleuca



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021.

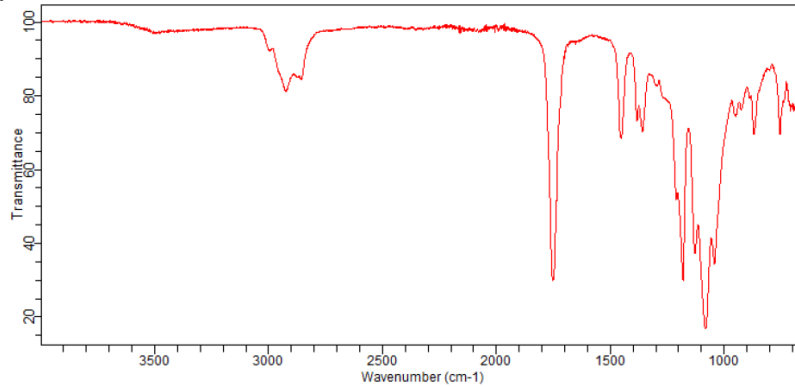
Nos espectros da amostra 3 (Figura 7) e da amostra 2 (Figura 8), pode-se observar que a banda localizada na região próxima a 3500 cm^{-1} representa um alongamento O–H que evidencia a presença de água nas nanocápsulas. Continuando com a atribuição, a banda localizada na região próxima a 3000 cm^{-1} indica a presença de um estiramento do grupo C–H. O pico em aproximadamente 1200 cm^{-1} indica a presença de um dobramento do grupo C–H, enquanto o pico pontiagudo entre 800 cm^{-1} e 700 cm^{-1} representa o estiramento do grupo C–H e a deformação da ligação C–Cl₃.

Comparando os espectros obtidos para a amostra 3 (Figura 7) e para a amostra 2 (Figura 8) com os espectros dos reagentes isolados, é possível observar que as bandas dos espectros das amostras possuem um perfil similar ao espectro do clorofórmio (Figura 3), evidenciando a presença do solvente em excesso. Para que o perfil das bandas características de cada óleo essencial apresente-se de forma satisfatória, é provável que o tempo de secagem para eliminação de solvente deva ser aumentado.

Por fim, foi confeccionada uma amostra de nanocápsulas de óleo essencial de melaleuca, com um maior teor de polímero (PLLA). Para essa amostra o tempo de secagem foi de 48 horas. A Figura 10 mostra o espectro obtido para essa amostra.

Figura 10 – Espectro de infravermelho da amostra de nanocápsulas de óleo

essencial de melaleuca com maior quantidade de polímero, sendo os eixos Y e X correspondentes à transmitância e ao número de onda, respectivamente



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2021.

Comparando o espectro obtido para a amostra com maior quantidade de PLLA (Figura 10) com os espectros dos componentes isolados, é possível notar que o espectro da amostra possui bandas similares àsquelas do espectro do PLLA (Figura 5). Tal evidencia que o aumento na quantidade de polímero não representou uma modificação experimental viável, pois, mesmo com um maior tempo de secagem, houve uma influência negativa nas características das nanocápsulas, suprimindo os efeitos dos outros componentes, em menor quantidade.

Determinação do pH

As amostras de nanocápsulas de óleo essencial de cravo-da-índia e de melaleuca apresentaram pH entre 5,0 e 6,0, mostrando uma linearidade e consistência na metodologia proposta. Resultados semelhantes foram encontrados na literatura no nanoencapsulamento do óleo essencial das folhas e frutos de *Xylopiá aromática Lamm* (PERES, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram desenvolvidas nanocápsulas com princípios ativos de óleo de cravo-da-índia e óleo de melaleuca pela técnica de nanoprecipitação. As formulações empregadas utilizaram o PLLA, o clorofórmio, a lecitina de soja e o polissorbato 80 em sua composição, pois o conjunto destes componentes foi o que mostrou melhor encapsulamento, de acordo com a literatura, com a suspensão de nanocápsulas apresentando aparência leitosa e coloração branca.

Com base nos resultados das caracterizações das nanocápsulas realizadas por meio da espectroscopia no infravermelho (FTIR), até o momento, é possível concluir que as bandas características dos óleos essenciais apresentaram baixa intensidade após encapsulamento. As bandas mais intensas presentes se referiram a grupos funcionais dos agentes encapsulantes, devido ao óleo se encontrar no interior das cápsulas.

O aumento na quantidade do polímero PLLA também não se mostrou vantajoso, por suprimir os demais componentes. Com isso, serão mantidas as concentrações empregadas anteriormente a este ensaio. Ademais, verificou-se a necessidade de aumentar o tempo de secagem das amostras, de forma a otimizar o tempo de evaporação do solvente e a quantidade final ideal desejada para a suspensão.

Como próximos passos, serão empregadas outras técnicas para caracterização das amostras obtidas, como a calorimetria diferencial de varredura, a microscopia eletrônica de varredura, a cromatografia gasosa e a determinação do potencial zeta de forma a comprovar o encapsulamento e completar a caracterização proposta para as nanocápsulas sintetizadas até o momento. Após a otimização do processo, pretende-se sintetizar essas nanocápsulas com lecitina extraída a partir de grãos da soja.

Os resultados alcançados até o momento são promissores e espera-se desenvolver um tecido de algodão impregnado com as nanocápsulas com a propriedade repelente a insetos adequada e comprovada.

REFERÊNCIAS

ANTONIOLI, G. **Desenvolvimento de nanocápsulas de poli(ácido láctico) contendo óleo essencial de capim-limão e avaliação contra fungos fitopatogênicos**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2019.

BANHARA, V. F. **Análise das alterações biomoleculares causadas pelo fármaco diclofenaco sódico em peixes da espécie *Brycon opalinus* através da espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)**. 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade do Vale do Paraíba (Univap), São José dos Campos, 2016.

CORTEZ, I. C. *et al.* Hidrogéis carregados com óleo essencial de melaleuca: caracterização microestrutural e *in vitro*. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 1-10. 2011.

DELGADO, J. M. F. **Preparação e caracterização de nanotransportadores (nanocápsulas, nanoesferas, lipossomas e transportadores lipídicos nanoestruturados) sem substância ativa**. 2013. 117 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Biomédica) - Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2013.

EINLOFT, S. *et al.* **Síntese de copolímeros de PET-co-PLLA obtidos via química**. In: Congresso Brasileiro de Polímeros, 10., 2009, Porto Alegre. Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Polímeros, 2015. p. 1-11.

FREIBERGER, E. B. **Nanocápsulas de poli (L-ácido láctico) contendo óleo de café torrado**. 2013. 51 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

LEITE, D. O.; PRADO, R. J. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 2504-2513, 2012.

LOREVICE, M. V. **Desenvolvimento de filmes nanocompósitos como embalagem comestível**. 2015. 134 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2015.

MARTINS, T. G. *et al.* Comparação da eficiência de diferentes técnicas

(esgotamento e froualdagem) de fixação de permetrina em tecidos têxteis. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1119-1129, 2015.

OLIVEIRA, A. C. M. *et al.* Emprego do óleo de *Melaleuca alternifolia* Cheel (Myrtaceae) na odontologia: perspectivas quanto à utilização como antimicrobiano alternativo às doenças infecciosas de origem bucal. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 492-499, 2011.

PAGANI, F. M. M. **Desenvolvimento de repelentes espaciais encapsulados**. 2019. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2019.

PERES, M. C. **Nanoencapsulamento do óleo essencial das folhas e frutos de *Xylopiá aromática* Lamm. e sua atividade frente a oviposição de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleroydidae) biótipo B**. 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Instituto Federal Goiano, Rio Verde. 2015.

PIRES, V. C. **Avaliação do potencial larvicida do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* e sua formulação em nanocápsulas poliméricas**. 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia em Saúde e Medicina Investigativa) - Fundação Oswaldo Cruz Gonçalo Moniz, Salvador, 2018.

RABÊLO, W. F. **Caracterização química, toxicidade e avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial do cravo da Índia (*Syzygium aromaticum*)**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2010.

ROSSA, G. E. **Extração e fracionamento de óleo essencial de *Piper Hispidinervum* e produção de nanoemulsão e nanocápsulas: experimentos e modelagem**. 2019. 104 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia dos Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

SIMOM, Y. G. **Avaliação do potencial larvicida e mecanismos de toxicidade do óleo essencial de *Eucalyptus staigeriana* contra o mosquito *Aedes aegypti***. 2016. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

TORRES, M. G. **Caracterização e estudo do comportamento técnico do óleo extraído da semente do mamão formosa (*Carica papaya* L.)**. 2010. 115 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010.

YADAV, R.; BALASUBRAMANIAN, K. Polyacrylonitrile/Syzygium aromaticum hierarchical hydrophilic nanocomposite as a carrier for antibacterial drug delivery systems. **Royal Society of Chemistry**, Índia, n. 5, p. 3291-3298, dez. 2014.

ZANATTA, J. S. **Avaliação da atividade larvicida e repelente do óleo de cravo (*Syzygium aromaticum*) em diferentes sistemas de nanoencapsulação.** 2017. 102 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.