

USO DE SISTEMAS POLIMÉRICOS PARA O ENCAPSULAMENTO DE FÁRMACOS

Eduarda de Oliveira, Julia Regina Machado da Silva, Israel Carvalho Figueiredo, Matheus Luiz Moreira do Amaral, Daniela Santos Silva.

Colégio Técnico "Antônio Teixeira Fernandes", Rua Paraibuna, 78. Jardim São Dimas-12245-020-São José dos Campos-SP, Brasil, edeoliveira993@gmail.com, juliaregina.crej@gmail.com, cfigueiredo.israel@gmail.com, matheusmoreiraa@gmail.com, danielass@univap.br.

Resumo

O encapsulamento de fármacos com biopolímeros naturais está sendo muito utilizado graças às suas vantagens como biocompatibilidade, proteção do fármaco e liberação controlada. O presente trabalho visa estudar o desenvolvimento de capsulas biocompatíveis a partir de polímeros utilizando a pectina extraída da casca do maracujá, que resiste à ação das enzimas do estômago e intestino delgado, e pela mucilagem da Aloe vera, que possui acemanana, polissacarídeo e substância ativa com maior presença de Aloe vera, favorecendo um efeito terapêutico melhor devido a uma adesão mais facilitada mediante aos medicamentos que não utilizam tais tecnologias. A união de tais componentes forma uma película semitransparente apropriada para produção de cápsulas é uma boa alternativa para desenvolvimento de biomateriais, mesmo não sendo possível avaliar a velocidade de ativação no presente artigo por se tratar de um estudo preliminar.

Palavras-chave: Encapsulamento. Fármacos. *Aloe vera*. Pectina. Polímeros naturais.

Curso: Técnico em Química.

Introdução

O encapsulamento é um processo físico-químico que aprisiona uma substância ativa em sistemas estruturalmente projetados, e o método visa desenvolver uma barreira termodinâmica e física contra condições ambientais, como umidade, oxigênio e enzimas (Soukoulis, 2018). Os biopolímeros naturais estão sendo cada vez mais usados como materiais de encapsulamento para a adesão de ativos devido às suas qualidades como biocompatibilidade, biodegradabilidade, e proteção do fármaco (Nuñez, *et al.*, 2025; Silva, 2020). Existe uma ampla variedade de polímeros naturais que pode ser empregada na preparação de sistemas poliméricos, destacando-se os peptídeos, proteínas e polissacarídeos (Villanova, 2010).

O desenvolvimento de capsulas a partir de polímeros naturais é possível utilizando a pectina extraída da casca do maracujá, visto que a pectina é um polissacarídeo que resiste à ação das enzimas do estômago e intestino delgado, sendo biodegradada por polissacaridases, produzidas por bactérias do cólon e liberando o fármaco (Villanova, 2010). A *Aloe vera* também pode atuar contribuindo na criação de sistemas poliméricos, pois possui a mucilagem, composta por acemanana, um polissacarídeo descrito como a substância ativa com maior presença na *Aloe vera* (Gadhav *et al.*, 2019). A partir da união da Aloe Vera, com a pectina como um biopolímero matriz e com a ajuda de um plastificante como a glicerol, é possível a criação de uma cápsula biocompatível (Ligabo Jr. *et al.*, 2024; Machado, 2019). E além da biocompatibilidade, a cápsula também prolonga a liberação do fármaco, favorecendo ao paciente um efeito terapêutico melhor devido a uma adesão mais facilitada, comparado aos medicamentos que não utilizam essas tecnologias, segundo Melo e Fontes (2023).

A metodologia consistiu na extração artesanal de pectina a partir do albedo de maracujá, sua purificação via lavagem a vácuo com etanol, e a avaliação de sua capacidade gelificante em solução de CaCl_2 . Paralelamente, extraiu-se mucilagem de Aloe Vera por raspagem, trituração, filtragem e centrifugação. Finalmente, produziu-se um filme polimérico combinando pectina, mucilagem e glicerol, moldado e seco em estufa, resultando em uma película flexível e resistente.

Este artigo tem como objetivo geral desenvolver uma alternativa para o encapsulamento de fármacos à base da formação de polímeros, buscando a análise de acurácia e velocidade da ativação ao entrar em contato com o HCl presente no estômago. Como objetivos pontuais, busca-se a alternativa

mais rentável para a extração da pectina, aumentar a pureza da mucilagem por meio da separação da casca e da aloína, além de formar análises sobre o agente plastificante.

Metodologia

A produção da pectina caseira foi inicialmente realizada a partir do maracujá, pelo qual se utilizaram três frutos dos quais se separaram a casca e a polpa, restando 750 g de albedo. Este material foi picado em pequenos cubos e colocado em uma panela com 2 L de água e meio limão, sendo cozido em fogo alto por 20 min. Na sequência, a mistura foi filtrada, triturada em mixer e passada por peneira fina para remover fragmentos grosseiros. Por tratar-se de uma pectina obtida de forma artesanal, procedeu-se à lavagem com uma solução composta por 25 g de pectina e 25 g de etanol 70 %, empregando um funil de Büchner acoplado a kitassato sob vácuo, repetindo-se a operação em quatro ciclos. Para verificar a eficácia da pectina obtida, preparou-se uma solução de CaCl_2 a 1 % e, com auxílio de pipeta de Pasteur, depositaram-se gotas da pectina nessa solução, observando-se sua solidificação instantânea.

A preparação da *Aloe vera* consistiu na lavagem de 6 a 8 folhas em água corrente e, posteriormente, em água destilada; cortaram-se as bordas espinhosas e as folhas foram abertas longitudinalmente, raspando-se a mucilagem com faca esterilizada, a qual foi coletada em Becker de 500 mL contendo água destilada para solubilização da aloína. Em seguida, a mucilagem foi triturada em liquidificador previamente higienizado, utilizando-se água corrente e, depois, água destilada; o líquido resultante foi coado em gaze e submetido à centrifugação por 5 min. a 3 000 rpm, com o objetivo de clarificação.

Para a produção do polímero principal, foram pesados 2,1 g da pectina extraída do maracujá, 0,15 g da mucilagem clarificada de *Aloe vera* e 0,15 g de glicerol em balança analítica, misturando-os em placa de Petri com espátula de aço fina esterilizada até obter homogeneização, e espalhando-se uniformemente; a mistura foi então levada à estufa a 30 °C por aproximadamente 15 min. até obtenção de película seca que, ao ser destacada, não se rompeu, garantindo sua maleabilidade.

Resultados

Os resultados obtidos indicam uma pectina purificada (Figura – 1) e um filme semitransparente (Figura – 2) com propriedades favoráveis a produção da cápsula.

Figura 1 – Pectina lavada com etanol



Fonte: Os autores, 2025.

Figura 2 – Resultado do filme para encapsulação



Fonte: Os autores, 2025.

Discussão

A pectina extraída da casca do maracujá apresenta potencial como matriz polimérica natural, sendo utilizada tanto na indústria de alimentos quanto no desenvolvimento de biomateriais devido às suas propriedades geleificantes e estabilizantes (Uehara *et al.*, 2017). E quando reticulada e combinada com outros polissacarídeos, forma matrizes capazes de modular a liberação de fármacos ao longo do trato gastrointestinal (Canteri *et al.*, 2012). Estudos demonstram que seu rendimento e características físico-químicas podem variar conforme o método de extração, possibilitando aplicações em biofilmes e sistemas de liberação controlada (Seixas, 2011).

A associação com *Aloe vera*, rica em acemanano, contribui para aumentar a viscosidade e a mucocadesão da matriz, favorecendo o retardo inicial e a proteção do fármaco em meio ácido (Williamson, 2010). Isso ocorre pois os polissacarídeos como a acemanana, apresentam propriedades bioativas, atuando como espessantes e agentes de gelificação (Mota *et al.*, 2018). A combinação entre pectina e *Aloe vera* favorece a formação de matrizes polissacarídicas com potencial farmacotécnico, possibilitando controle de liberação, proteção de princípios ativos e aplicações sustentáveis na indústria de fármacos e alimentos.

A literatura reforça três estratégias para controle da taxa de liberação: reticulação iônica, copolimerização/blendas e ajustes estruturais da pectina, e essas abordagens explicam a liberação mais sustentada em pH ácido e a aceleração em pH intestinal/colônico observada no protótipo (Cury *et al.*, 2009). A possibilidade de entrega colônica é sustentada pelo metabolismo de pectinas por bactérias específicas, reforçando o racional para fármacos instáveis no estômago ou com alvo no cólon (Canteri *et al.*, 2012).

Polímeros de Aloe apresentam perfil de segurança favorável e efeitos gastroprotetores, o que pode reduzir a irritação gástrica de princípios ativos agressivos, mas há limitações incluem a solubilidade da pectina e a variabilidade dos extratos de *Aloe vera*, que podem afetar a reprodutibilidade e segurança (Williamson, 2010). Estudos adicionais de mapa de formulação são necessários para otimizar a composição e garantir a estabilidade da formulação (Cury *et al.*, 2009). Ensaios *in vitro* sequenciais, *challenge* com pectinases e consórcio microbiano simulando condições colônicas são recomendados para validar a aplicação (Canteri *et al.*, 2012). Esses passos alinham-se às direções indicadas por revisões recentes sobre hidrogéis de pectina e sobre o papel do acemanano como biomaterial funcional (Williamson, 2010).

Conclusão

A combinação da pectina de maracujá com a mucilagem de Aloe vera mostrou potencial como matriz polimérica natural para encapsulamento. Reconhece-se que, devido restrições de tempo, não foi possível atingir o objetivo de testar a liberação controlada em meio ácido. Ainda sim, apesar da necessidade de padronização nos métodos de extração, os resultados indicam uma alternativa viável e sustentável para o desenvolvimento de novos biomateriais farmacêuticos. A pesquisa aponta caminhos promissores, especialmente para estudos futuros com testes *in vitro* e aplicações farmacêuticas, que podem ser aprofundados em trabalhos posteriores.

Referências

- CANTERI, M. L. *et al.* **Extração da pectina do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) e avaliação de suas propriedades físico-químicas**, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2012. Disponível em: <https://l1nq.com/MzbJY>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- CURY, J. A. *et al.* **Microesferas de goma gelana e pectina como sistemas de liberação controlada de fármacos**, v. 45, n. 4, p. 693-701, 2009. Disponível em: <https://sl1nk.com/CRtjr>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- GADHAVE, K. R. *et al.* **Antibacterial and antifungal activity of silver nanoparticles synthesized using stem extract of *Tinospora cordifolia***. **Molecules**, [S.l.], v. 24, n. 8, p. 1554, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/8/1554>. Acesso em: 2 mai. 2025.

LIGABO JR., Neir *et al.* Desenvolvimento de curativo biopolímero aditivo cicatrizante com Aloe vera. **Revista Brasileira de Desenvolvimento de Produtos**, Lorena, v. 5, n. 1, p. 1–23, 2024. Disponível em: [arquivo pessoal]. Acesso em: 4 mai. 2025.

MACHADO, B. R. Desenvolvimento de filmes de pectina/quitosana/glicerol para produção de embalagens biodegradáveis para alimentos. 2019. **Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais)** - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, 2019. Disponível em: <https://sl1nk.com/FQ0HY>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MELO, A. V. da S.; FONTES, D. A. F. Tecnologias aplicadas para prolongar a liberação de fármacos: uma revisão integrativa. **Diversitas Journal**, v. 8, n. 2, p. 874–885, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.48017/dj.v8i2.2429>. Acesso em: 16 mai. 2025.

MOTA, A. R. *et al.* Estudo das propriedades da Aloe vera como espessante. [S. l.]: **Universidade Presbiteriana Mackenzie**, 2018. Disponível em: <https://share.google/zT0UK3ZJ3lq7NBq47> Acesso em: 10 ago. 2025.

NUÑEZ, J. A. B. *et al.* Polymer-based encapsulation in food products: a comprehensive review of applications and advancements. **Journal of Future Foods**, ed. 5, v. 1, p. 36–49, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277256692400003X>. Acesso em: 5 mai. 2025.

SEIXAS, Fernanda Lini. Extração de pectina das cascas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) e aplicação na confecção de biofilmes compostos. 2011. 106 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)** – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011. Disponível em: pdf <https://share.google/7IKXZBGqBwNQsK3uO>. Acesso em: 13 mai. 2025.

SILVA, L. H. M. Estudo de encapsulamento e liberação controlada de moléculas farmacologicamente ativas de baixa solubilidade aquosa. 2020. **Monografia (Bacharelado em Química)** – Universidade Federal do ABC, Santo André. Disponível em: <https://l1nq.com/SpBAZ>. Acesso em: 3 mai. 2025.

SOUKOULIS, C.; BOHN, T. A comprehensive overview on the micro and nanotechnological encapsulation advances for enhancing the chemical stability and bioavailability of carotenoids. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 1, p. 1–36, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26065668/>. Acesso em: 12 mai. 2025.

UEHARA, Kenny Suemy *et al.* Aplicação de pectina extraída de resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) como agente estabilizante em sorvetes. **Revista Inova Ciência & Tecnologia, Uberaba**, v. 3, n. 2, p. 29–35, jul./dez. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/341565257>. Acesso em: 17 ago. 2025.

VILLANOVA, J. C. O.; ORÉFICE, R. L.; CUNHA, A. S. Aplicações farmacêuticas de polímeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 30, n. 4, p. 51–64, 2010. Disponível em: <https://l1nq.com/80Dfw>. Acesso em: 3 mai. 2025.

WILLIAMSON, E. M. **Interações entre plantas medicinais recomendadas pela ANVISA e fármacos**, v. 20, n. 6, p. 1019-1029, 2010. Disponível em: <https://sl1nk.com/exRjO>. Acesso em: 11 ago. 2025.