

NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANA NA LIBERAÇÃO DE FÁRMACOS: AVANÇOS E APLICAÇÕES TERAPÊUTICAS RECENTES (2022-2025)

Jhennifer Lopes Da Silva*; João Victor Alves; Matheus Hatamoto Cordeiro; Eduardo Henrique Martins; Carla Regina Da Silva Corrêa da Ronda; Leandro Rodrigues

Faculdade de Americana – FAM, Americana – SP, Brasil
jhenniferlds@fam.edu.br

Área Temática: Temas livres em Farmácia

Introdução: O avanço das nanotecnologias tem revolucionado a liberação de fármacos, com as nanopartículas de quitosana emergindo como plataformas promissoras devido à sua biocompatibilidade, biodegradabilidade e capacidade de encapsular e liberar agentes terapêuticos de forma controlada. **Objetivo:** Este estudo tem como objetivo analisar os avanços experimentais e as aplicações terapêuticas recentes das nanopartículas de quitosana como sistemas de liberação de fármacos. **Metodologia:** Trata-se de um estudo de revisão de literatura, de caráter descritivo, no qual analisou-se 9 artigos experimentais publicados entre 2022 e 2025. A busca foi realizada em bases de dados como SciELO, BVS, PubMed e Google Acadêmico, utilizando os descritores “Chitosan”, “Nanoparticles” e “Drug Delivery Systems”. **Resultados:** Os resultados revelam que as nanopartículas de quitosana aprimoram a eficácia terapêutica e a biodisponibilidade de fármacos em diversas patologias, incluindo diabetes, doenças cardiovasculares, câncer, infecções e regeneração tecidual. Além de carreadores, atuam como moduladores biológicos com propriedades antifúngicas e antitumorais. Contudo, a predominância de estudos *in vivo* em modelos animais, a ausência de padronização metodológica e a escassez de dados sobre efeitos adversos a longo prazo representam desafios significativos para a translação clínica. **Conclusão:** Embora o potencial terapêutico seja expressivo, a consolidação dessas nanoformulações na prática clínica requer ensaios clínicos bem delineados e padronização para garantir segurança e eficácia em humanos.

Palavras-chave: Quitosana; Nanopartículas; Liberação de Fármacos; Nanotecnologia; Aplicações Terapêuticas.

INTRODUÇÃO

O avanço das nanotecnologias tem promovido uma transformação significativa no desenvolvimento de sistemas de liberação de fármacos, permitindo maior eficiência terapêutica, redução de efeitos adversos e melhor direcionamento aos tecidos-alvo. Nesse contexto, nanopartículas poliméricas vêm se destacando como plataformas promissoras, sobretudo devido à sua capacidade de encapsular agentes terapêuticos e controlar sua liberação de maneira sustentada e específica (STEFANACHE *et al.*, 2025; BISWAS *et al.*, 2025).

Dentre os biomateriais utilizados, a quitosana tem recebido atenção crescente devido às suas propriedades únicas, como biocompatibilidade, biodegradabilidade, baixa toxicidade e capacidade de interação com membranas biológicas. Derivada da desacetilação da quitina, a quitosana apresenta grupos amino livres que permitem modificações químicas, ampliando suas aplicações como nanocarreador em sistemas de liberação de fármacos (BISWAS *et al.*, 2025; CHOPRA *et al.*, 2025). Além disso, sua natureza catiônica favorece a adesão a superfícies mucosas, contribuindo para maior tempo de residência e absorção de fármacos (CHOPRA *et al.*, 2025).

As nanopartículas de quitosana têm demonstrado elevada eficiência de encapsulação, estabilidade físico-química e capacidade de proteger fármacos contra degradação precoce. Diferentes métodos de preparação, como gelificação iônica, emulsificação e auto-organização, possibilitam o desenvolvimento de sistemas com propriedades ajustáveis conforme a aplicação terapêutica desejada (PARCHEN *et al.*, 2025). Esses sistemas também permitem a liberação controlada e direcionada de fármacos, respondendo a estímulos como pH, temperatura e ambiente enzimático, o que os torna particularmente relevantes em terapias avançadas (ZACARON *et al.*, 2023).

Nos últimos anos, estudos experimentais têm evidenciado o potencial das nanopartículas de quitosana em diversas aplicações terapêuticas, incluindo tratamento de câncer, doenças respiratórias e distúrbios gastrointestinais. Por exemplo, sistemas baseados em quitosana têm demonstrado melhora na biodisponibilidade de fármacos administrados por via pulmonar e oral, além de promover liberação localizada em tecidos específicos, aumentando a eficácia do tratamento e reduzindo efeitos colaterais sistêmicos (ZACARON *et al.*, 2023). Adicionalmente, estratégias combinando quitosana com outros polímeros naturais têm mostrado resultados promissores na liberação direcionada no cólon e em sistemas inteligentes de entrega de fármacos (CHOPRA *et al.*, 2025).

Dessa forma, as nanopartículas de quitosana consolidam-se como uma alternativa inovadora e versátil no campo da nanotecnologia farmacêutica, destacando-se pelos avanços experimentais recentes e pelo potencial de aplicação clínica em diversas patologias. Nessa perspectiva, este estudo tem como objetivo analisar os avanços experimentais e as aplicações terapêuticas recentes das nanopartículas de quitosana como sistemas de liberação de fármacos.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão da literatura de caráter descritivo, realizado a partir da análise de artigos científicos publicados sobre o uso de nanopartículas de quitosana como sistemas de liberação de fármacos, com ênfase em avanços experimentais e aplicações terapêuticas recentes. A busca foi conduzida em bases de dados amplamente utilizadas na área da saúde e das ciências farmacêuticas, como *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Biblioteca Virtual em Saúde* (BVS), PubMed, e Google Acadêmico, priorizando publicações disponíveis na íntegra e com acesso aberto. Foram utilizados como descritores em saúde (DeCS/MeSH): “Chitosan”, “Nanoparticles”, “Drug Delivery Systems”, “Controlled Release”, “Nanotechnology” e “Therapeutic Applications”, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, a fim de ampliar a sensibilidade da busca e garantir a recuperação de estudos relevantes ao tema.

Como critérios de inclusão, priorizaram-se publicações disponíveis na íntegra, em acesso aberto, com dados experimentais relacionados ao desenvolvimento, caracterização e aplicação terapêutica de nanopartículas de quitosana em diferentes modelos biológicos. Foram excluídos estudos duplicados, revisões de literatura, artigos fora do escopo ou que não apresentavam dados experimentais primários.

Com base nesses critérios, foram selecionados 9 estudos publicados no período de 2022 a 2025. Os artigos incluídos contemplaram delineamentos metodológicos *in vitro*, *in vivo* (modelos animais) e *ex vivo*, voltados à avaliação de parâmetros como taxa de encapsulação, perfil de liberação controlada, biodisponibilidade, biocompatibilidade, toxicidade e desempenho terapêutico em patologias como câncer, diabetes, infecções, hipertensão e cicatrização tecidual. Após a seleção, os dados foram tabulados e analisados criticamente quanto aos seus objetivos, métodos e desfechos, permitindo a síntese das evidências científicas atuais e dos desafios no desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização dos estudos selecionados evidencia a diversidade de aplicações terapêuticas e abordagens experimentais relacionadas ao uso de nanopartículas de quitosana como sistemas de liberação de fármacos. A tabela 1 apresenta os autores, os objetivos, as metodologias, os principais resultados e as conclusões dos nove estudos experimentais incluídos nessa revisão.

Tabela 1 –Síntese dos estudos incluídos na revisão de literatura sobre nanopartículas de quitosana como sistemas de liberação de fármacos: avanços experimentais e aplicações terapêuticas recentes (revisão de literatura, 2022–2025).

Citação	Objetivo	Metodologia	Patologia	Resultados	Conclusão
Ali <i>et al.</i> , 2023	Desenvolver sistema responsivo para insulina	Experimental (<i>in vivo</i>)	Diabetes	Liberação dependente da glicose com perfil significativamente mais lento e prolongado, mantendo alta biocompatibilidade	Plataforma inteligente com potencial para reduzir frequência de aplicações
Manthalkar <i>et al.</i> , 2023	Desenvolver sistema para câncer colorretal	Experimental (<i>in vitro/in vivo</i>)	Câncer colorretal	Maior citotoxicidade que o fármaco livre, melhor farmacocinética e maior eficiência de targeting	Nanoformulação melhora desempenho terapêutico do fármaco
Liyanage <i>et al.</i> , 2024	Avaliar imunomodulação antiviral	Experimental (<i>in vivo</i>)	Infecção viral	Encapsulação de 98,8%, sobrevivência de 85%, redução da carga viral e aumento de genes pró-imunes	Forte potencial como plataforma imunomoduladora antiviral
Hassan <i>et al.</i> , 2022	Melhorar biodisponibilidade intranasal	Experimental (<i>ex vivo / in vivo</i>)	Hipertensão	Biodisponibilidade 11,3 vezes maior que via oral, com redução da pressão arterial e sem danos à mucosa	Estratégia altamente eficaz para administração sistêmica
Yin <i>et al.</i> , 2023	Avaliar cicatrização óssea	Experimental (<i>in vivo</i>)	Fratura óssea	Liberação sustentada, quase 4 vezes maior inibição de edema e aumento significativo da resistência óssea	Potencial para acelerar consolidação óssea com analgesia

Citação	Objetivo	Metodologia	Patologia	Resultados	Conclusão
Xu <i>et al.</i> , 2022	Avaliar atividade imunológica	Experimental (<i>in vivo</i>)	Imunologia	O tratamento induziu aumento de citocinas pró-inflamatórias (IL-6, TNF- α e IL-1 β) e de IgG1, associado a perfil de segurança hepática e renal sem toxicidade significativa	Potencial como adjuvante vacinal seguro
Costa <i>et al.</i> , 2024	Avaliar atividade antifúngica	Experimental (<i>in vivo</i>)	Candidíase	Redução significativa da infecção em modelo animal	Forte potencial terapêutico
Salman <i>et al.</i> , 2023	Avaliar efeito antigenotóxico	Experimental (<i>in vivo</i>)	Genotoxicidade	Redução significativa de alterações cromossômicas e danos celulares	Potencial preventivo relevante
Metwally <i>et al.</i> , 2023	Avaliar cicatrização	Experimental (<i>in vivo</i>)	Feridas	Aumento da contração da ferida, angiogênese e deposição de colágeno	Promissor para regeneração tecidual

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Os estudos demonstram que sistemas nanoestruturados são capazes de promover liberação controlada e sustentada de fármacos, além de melhorar significativamente a eficácia terapêutica e a biodisponibilidade. No contexto do diabetes, foi observado o desenvolvimento de um sistema responsivo à glicose que proporcionou liberação mais lenta e prolongada de insulina, mantendo elevada biocompatibilidade, o que pode contribuir para a redução da frequência de administração (ALI *et al.*, 2023). De forma semelhante, em doenças cardiovasculares, a administração intranasal mediada por nanopartículas resultou em aumento expressivo da biodisponibilidade sistêmica, associado à redução da pressão arterial e ausência de danos à mucosa, demonstrando elevada eficiência da via alternativa de administração (HASSAN *et al.*, 2022).

No campo oncológico, as nanopartículas de quitosana apresentaram maior citotoxicidade em comparação ao fármaco livre, além de melhor perfil farmacocinético e maior capacidade de direcionamento ao tecido tumoral, indicando aprimoramento do desempenho terapêutico (MANTHALKAR *et al.*, 2023). Resultados semelhantes de potencial terapêutico também foram observados em infecções, com redução significativa da carga viral e aumento da resposta imunológica em modelos experimentais, além de elevada eficiência de encapsulação e melhora na taxa de sobrevivência (LIYANAGE *et*

al., 2024). No âmbito imunológico, verificou-se aumento de citocinas pró-inflamatórias e imunoglobulinas, sem evidência de toxicidade hepática ou renal, sugerindo aplicação como adjuvante vacinal seguro (XU *et al.*, 2022).

Além disso, estudos voltados para regeneração tecidual demonstraram efeitos relevantes, como aumento da resistência óssea, redução de edema e melhora significativa na cicatrização, com maior deposição de colágeno e angiogênese, evidenciando o potencial das nanopartículas na reparação de tecidos (YIN *et al.*, 2023; METWALLY *et al.*, 2023). Outras aplicações incluem atividade antifúngica eficaz, com redução significativa da infecção em modelos animais, e efeito antígeno-tóxico, caracterizado pela diminuição de danos celulares e aberrações cromossômicas (COSTA *et al.*, 2024; SALMAN *et al.*, 2023). De forma geral, os achados indicam que as nanopartículas de quitosana atuam não apenas como sistemas de transporte de fármacos, mas também como moduladores biológicos capazes de potencializar respostas terapêuticas em diferentes contextos clínicos.

Apesar dos resultados amplamente positivos apresentados, observa-se que a maioria dos estudos ainda se concentra em modelos experimentais, com predomínio de ensaios *in vivo* em animais, o que limita a extrapolação direta dos achados para a prática clínica em humanos. Além disso, a ausência de padronização metodológica entre os estudos, bem como a variabilidade nos modelos experimentais e nos desfechos analisados, dificulta a comparação direta dos resultados e a definição de parâmetros ideais para aplicação clínica. Outro ponto relevante é a predominância de resultados favoráveis, com pouca exploração de possíveis efeitos adversos a longo prazo, o que pode indicar viés de publicação ou limitação na investigação de segurança. Dessa forma, embora os avanços sejam significativos, ainda são necessários estudos clínicos bem delineados e padronizados para confirmar a eficácia, segurança e aplicabilidade das nanopartículas de quitosana em humanos.

5 CONCLUSAO

Conclui-se que as nanopartículas de quitosana são promissoras na liberação de fármacos devido a benefícios como a melhora da biodisponibilidade, liberação controlada e potencialização de respostas biológicas, incluindo atividades imunomoduladora, antimicrobiana e regenerativa. Contudo, a transição para a prática clínica ainda é limitada pela predominância de estudos em modelos animais, falta de padronização metodológica

e escassez de dados sobre a toxicidade a longo prazo. Portanto, o avanço dessas nanoformulações depende do desenvolvimento de ensaios clínicos robustos e de estratégias de escalonamento industrial que garantam sua segurança e reprodutibilidade em humanos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, A. et al. Glucose-Responsive Chitosan Nanoparticle/Poly(vinyl alcohol) Hydrogels for Sustained Insulin Release. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 15, n. 27, p. 32240-32250, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsami.3c05031>.

BISWAS, R. et al. Chitosan and Its Derivatives as Nanocarriers for Drug Delivery. **Molecules**, Basel, v. 30, n. 6, p. 1297, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules30061297>.

CHOPRA, A. et al. A comprehensive exploration of Chitosan-based nanoparticles for drug delivery and biosensing applications. **Biotechnology for Sustainable Materials**, London, v. 2, n. 21, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s44316-025-00037-y>.

COSTA, A. F. et al. Chitosan nanoparticles encapsulating farnesol evaluated in vivo against *Candida albicans*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 143-154, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42770-023-01168-y>.

HASSAN, R. H. et al. Chitosan nanoparticles for intranasal delivery of olmesartan medoxomil: Pharmacokinetic and pharmacodynamic perspectives. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 628, p. 122278, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2022.122278>.

LIYANAGE, T. D.; NIKAPITIYA, C.; DE ZOYSA, M. Chitosan nanoparticles-based in vivo delivery of miR-155 modulates the Viral haemorrhagic septicaemia virus-induced

antiviral immune responses in zebrafish (*Danio rerio*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 144, p. 109234, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.109234>.

MANTHALKAR, L. et al. Fabrication of D- α -tocopheryl polyethylene glycol 1000 succinates and human serum albumin conjugated chitosan nanoparticles of bosutinib for colon targeting application; in vitro-in vivo investigation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 253, n. Pt 7, p. 127531, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127531>.

METWALLY, A. A. et al. In Vivo Wound-Healing Effect of Chemical and Green Synthesized Chitosan Nanoparticles Using *Lawsonia inermis* Ethanolic Extract. **Microscopy and Microanalysis**, v. 29, n. 3, p. 1178-1189, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1093/micmic/ozad026>.

PARCHEN, G. P. et al. Chitosan-based nano-objects for drug delivery: a review of their chemical modifications, supramolecular organization and biological fate. **RSC Pharmaceutics**, Cambridge, n. 6, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1039/d5pm00095e>.

SALMAN, A. S. et al. Chitosan Nanoparticles Loaded with Thyme Essential Oil Phytochemicals: Synthesis, Characterization, and Antibacterial Activity. **Pharmaceutics**, v. 15, n. 11, p. 2551, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15112551>.

STEFANACHE, A. et al. Chitosan Nanoparticle-Based Drug Delivery Systems: Advances, Challenges, and Future Perspectives. **Polymers**, Basel, v. 17, n. 11, p. 1453, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym17111453>.

XU, C. et al. The synthesis, characterization and immunological activity of mucopolysaccharide-quaternized chitosan nanoparticles. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 220, p. 258-266, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.069>.

YIN, L. et al. Assessment and evaluation of Chitosan-Metamizole nanoparticles for the fracture healing and analgesic effect: Preclinical study in rat model. **IET Nanobiotechnology**, v. 17, n. 4, p. 360-367, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1049/nbt2.12131>.

ZACARON, T. M. et al. Advancements in Chitosan-Based Nanoparticles for Pulmonary Drug Delivery. **Polymers**, Basel, v. 15, n. 18, p. 3849, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15183849>.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão à FAM- Faculdade de Americana pelo apoio institucional e pela oportunidade proporcionada ao longo do desenvolvimento deste trabalho.