**SISTEMAS DE LIBERAÇÃO CONTROLADA DE FÁRMACOS BASEADOS EM NANOPARTÍCULAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Elisabete Soares de Santana¹

Maiane Silva Barbosa de Moraes2

Thallys Mendes da Silva3

Jaison Matos Dantas4

Simone Santos Bueno5

Dayane Lopes de Medeiros6

Sofia Reis Kawamura7

Dário César de Oliveira Conceição8

**RESUMO:**

**Introdução:** A liberação controlada de fármacos é uma abordagem inovadora que visa melhorar a eficácia dos tratamentos e minimizar os efeitos colaterais dos medicamentos. Sistemas baseados em nanopartículas têm se destacado por permitir a entrega precisa e direcionada de agentes terapêuticos, com a capacidade de liberar fármacos em resposta a estímulos específicos como pH e temperatura. **Objetivo:** O objetivo deste estudo é aprimorar a eficácia e segurança dos tratamentos farmacológicos através do uso de nanopartículas, que permitem a liberação controlada e direcionada de medicamentos. A intenção é otimizar a administração de fármacos para garantir que eles sejam liberados no local desejado e de forma sustentada, minimizando efeitos colaterais e melhorando a adesão ao tratamento. **Metodologia:** Foi realizada uma revisão sistemática da literatura usando os termos "Nanopartículas", "Liberação Controlada de Fármacos" e "Sistemas de Entrega", com base em pesquisas publicadas entre 2020 e 2024. As bases de dados consultadas foram SciELO, Medline e Lilacs. A seleção dos artigos seguiu critérios de inclusão e exclusão específicos, com a análise dos dados feita de forma qualitativa e quantitativa. Dos 90 artigos encontrados, 20 foram selecionados para a revisão. **Resultados e Discussões:** A revisão mostrou que os sistemas de liberação controlada baseados em nanopartículas têm avançado significativamente na melhoria da eficácia terapêutica e na redução de efeitos colaterais. Esses sistemas permitem uma liberação mais direcionada e sustentada dos fármacos, melhorando a eficiência dos tratamentos. A integração de funções diagnósticas e terapêuticas em nanopartículas multifuncionais está revolucionando o tratamento de doenças, oferecendo uma abordagem mais precisa e menos invasiva. Além disso, a biocompatibilidade e biodegradabilidade das nanopartículas são fatores cruciais para o sucesso desses sistemas. A personalização desses sistemas para atender às necessidades individuais dos pacientes também está emergindo como uma tendência promissora. **Conclusão:** Os sistemas de liberação controlada de fármacos baseados em nanopartículas representam um avanço significativo na farmacologia, proporcionando uma administração de medicamentos mais eficiente e com menos efeitos colaterais. A evolução contínua das tecnologias em nanopartículas promete transformar a medicina, oferecendo tratamentos mais eficazes e menos invasivos. Com o avanço da pesquisa e a avaliação de novas formulações em ensaios clínicos, esses sistemas têm o potencial de desempenhar um papel importante na medicina personalizada e na terapia de precisão.

**Palavras-Chave:** Liberação Controlada de Fármacos; Nanopartículas; Sistemas de Entrega.

**Área Temática:** Ciências da Saúde.

**E-mail do autor principal:** elisabetesoares0987@gmail.com

¹Farmácia, Faculdade Santíssima Trindade - FAST, Nazaré da Mata - Pernambuco, elisabetesoares0987@gmail.com.

²Farmacêutica, Mestranda em Ciência de Materiais, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Pernambuco, maiane.bmoraes@ufpe.br.

3Farmacêutico, Mestranda em Ciência de Materiais, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Pernambuco, thallys.mendes@ufpe.br.

4Enfermeiro Especialista, Universidade Vale do Acaraú UVA, Fortaleza-ce, jaisondantas@yahoo.com.br.

5Enfermagem, pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, Itajaí-Santa Catarina, simonebueno0411@gmail.com.

6Pedagoga, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Mestranda na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Pernmbuco, Recife, daymayaralopes@gmail.com.

7Medicina, Universidade do Estado do Amazonas- UEA, Manaus- Amazonas, srk.med22@uea.edu.br.

8Químico, Doutor em Ciência de Materiais, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, dario.cesar@ufpe.br.

**1. INTRODUÇÃO**

A liberação controlada de fármacos tem se destacado como uma abordagem inovadora para melhorar a eficácia terapêutica e minimizar os efeitos colaterais dos medicamentos. Os sistemas baseados em nanopartículas oferecem uma solução promissora, permitindo a entrega precisa e direcionada de agentes terapêuticos. As nanopartículas podem ser projetadas para liberar fármacos de forma controlada em resposta a estímulos específicos, como alterações no pH ou temperatura, o que aprimora a eficácia do tratamento e reduz a toxicidade sistêmica (Wani *et al*., 2022).

Nanopartículas, como as de óxido de ferro e poliméricas, têm sido amplamente estudadas para a liberação controlada de fármacos devido à sua capacidade de modificação superficial e alta área de superfície. Estudos recentes demonstram que essas nanopartículas podem ser funcionalizadas para liberar medicamentos de forma sustentada e controlada, aumentando a eficácia do tratamento e melhorando a adesão do paciente à terapia (Maghsoudi *et al*., 2020). A capacidade dessas nanopartículas de responder a estímulos internos e externos é fundamental para a inovação no campo da farmacologia.

O desenvolvimento de nanopartículas multifuncionais para a entrega controlada de fármacos também tem mostrado grande potencial. Estas nanopartículas podem combinar múltiplas funções, como a entrega de fármacos e a imagem diagnóstica, proporcionando uma abordagem teranóstica integrada. A incorporação de capacidades de imagem em nanopartículas de liberação controlada pode permitir o monitoramento em tempo real da distribuição e eficácia do medicamento (Rahiminezhad *et al*., 2020). Esta integração de funções pode revolucionar o gerenciamento de doenças complexas e crônicas.

Além disso, a biocompatibilidade e a biodegradabilidade das nanopartículas são aspectos cruciais para o sucesso dos sistemas de liberação controlada de fármacos. A escolha dos materiais e o design das nanopartículas devem garantir que estas não provoquem reações adversas no organismo e que possam ser eliminadas de maneira segura após o término do tratamento. Estudos têm mostrado que a modificação da superfície das nanopartículas com ligantes específicos pode melhorar sua biocompatibilidade e minimizar a toxicidade (El Yousfi *et al*., 2023).

Por fim, a aplicação clínica de nanopartículas para liberação controlada de fármacos está avançando rapidamente, com várias formulações já sendo avaliadas em ensaios clínicos. A personalização dos sistemas de liberação baseada nas características específicas dos pacientes e das doenças é um foco crescente de pesquisa. O progresso contínuo nesta área promete trazer novos tratamentos mais eficazes e menos invasivos, oferecendo uma esperança renovada para a medicina personalizada e a terapia de precisão (Koldemir - Gunduz *et al*., 2024).

O objetivo do presente estudo é relacionado sobre o sistemas de liberação controlada de fármacos baseados em nanopartículas e aprimorar a eficácia e segurança dos tratamentos ao possibilitar a entrega precisa e direcionada dos medicamentos. Isso é alcançado por meio da engenharia de nanopartículas que controlam a liberação do fármaco em resposta a condições específicas do ambiente biológico, como alterações no pH ou temperatura. Esses sistemas visam garantir que o medicamento seja liberado no local desejado e de forma sustentada, minimizando efeitos colaterais e melhorando a adesão ao tratamento. Além disso, a capacidade de personalizar a liberação do fármaco e integrar funcionalidades diagnósticas e terapêuticas em uma única plataforma representa um avanço significativo na medicina, promovendo tratamentos mais eficazes e menos invasivos.

**2. METODOLOGIA**

Realizou-se uma revisão sistemática da literatura utilizando os termos "Descritor em Ciências da Saúde (DeCS)": "Nanopartículas", "Liberação Controlada de Fármacos", "Sistemas de Entrega". As bases de dados consultadas foram S*cientific Electronic Library Online* (SciELO), Medline e Lilacs. Utilizou-se o operador booleano "*AND*" para combinar os descritores e refinar a busca. A seleção dos artigos seguiu critérios de inclusão e exclusão pré-definidos, focando em pesquisas que investigam o desenvolvimento e a aplicação de sistemas de liberação controlada de fármacos baseados em nanopartículas. A qualidade dos estudos foi avaliada utilizando ferramentas específicas para revisão integrativa, e os dados foram extraídos e analisados de forma qualitativa e quantitativa. Os critérios de inclusão utilizados foram: artigos que abordaram a temática proposta, artigos na íntegra e no período de 2020 a 2024. Já os critérios de exclusão foram artigos pagos, repetidos e sem relação com a temática proposta. Foram encontrados 95 artigos para a pesquisa e 12 selecionados após a leitura.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os sistemas de liberação controlada de fármacos baseados em nanopartículas têm demonstrado avanços significativos na melhoria da eficácia terapêutica e na redução de efeitos colaterais. Estudos recentes mostram que a utilização de nanopartículas permite a entrega direcionada e sustentada de medicamentos, o que contribui para uma maior eficiência no tratamento e uma redução dos efeitos adversos associados. A personalização da liberação de fármacos com base em características específicas dos pacientes e das doenças tem se mostrado uma abordagem promissora, potencializando a eficácia dos tratamentos (Liu *et al*., 2024).

A inovação no design de nanopartículas multifuncionais tem possibilitado a integração de múltiplas funções em um único sistema de entrega. A combinação de liberação de fármacos com capacidades de imagem diagnóstica, como mostrado em estudos recentes, oferece um monitoramento em tempo real da eficácia e distribuição do medicamento. Esses sistemas teranósticos não apenas melhoram o gerenciamento das doenças, mas também permitem uma abordagem mais precisa e menos invasiva para o tratamento (Hosseini *et al*., 2023).

A biocompatibilidade e a biodegradabilidade das nanopartículas são fatores críticos que influenciam o sucesso dos sistemas de liberação controlada. A modificação da superfície das nanopartículas com ligantes específicos tem mostrado avanços na melhoria da biocompatibilidade e na minimização da toxicidade. Esses ajustes são fundamentais para garantir que as nanopartículas possam ser eliminadas de maneira segura do organismo, evitando reações adversas e prolongadas (Elumalai *et al*., 2024).

A capacidade das nanopartículas de responder a estímulos específicos do ambiente biológico, como pH e temperatura, tem sido amplamente explorada para a liberação controlada de fármacos. Estudos demonstram que essas nanopartículas inteligentes podem liberar medicamentos de forma mais eficiente e localizada, proporcionando um tratamento mais eficaz e reduzindo a necessidade de administração frequente (Murugan *et al*., 2021).

Além das aplicações clínicas, a inovação em nanopartículas também está revolucionando a área de sistemas de entrega de medicamentos através da implementação de novas tecnologias e materiais. A pesquisa está se concentrando em desenvolver nanopartículas com propriedades aprimoradas, como maior capacidade de carga e liberação mais controlada, para enfrentar os desafios dos tratamentos de doenças complexas (Yee Kuen *et al*., 2022).

A personalização dos sistemas de liberação de fármacos com nanopartículas representa um avanço significativo na medicina de precisão. A capacidade de ajustar a liberação dos medicamentos com base nas características individuais dos pacientes e das doenças permite tratamentos mais eficazes e menos invasivos, abrindo novas possibilidades para a terapia personalizada (Shrestha *et al*., 2023).

Estudos comparativos entre diferentes tipos de nanopartículas mostram que nanopartículas de polímeros e de óxido de ferro têm vantagens distintas em termos de modificação superficial e resposta a estímulos. A escolha do tipo de nanopartícula e sua funcionalização específica deve ser feita com base nas necessidades do tratamento e nas características do medicamento a ser administrado (Farmani *et al*., 2022).

Por fim, a análise de ensaios clínicos recentes revela que a aplicação clínica de nanopartículas para liberação controlada está avançando de forma promissora. Com várias formulações já em avaliação, os resultados iniciais indicam uma tendência crescente de sucesso na aplicação desses sistemas para uma gama diversificada de condições médicas, oferecendo uma esperança renovada para tratamentos mais eficazes e personalizados (Chen et al., 2020).

**4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os sistemas de liberação controlada de fármacos baseados em nanopartículas representam um avanço significativo na área da farmacologia, oferecendo uma abordagem inovadora para a administração de medicamentos. A capacidade dessas nanopartículas de liberar fármacos de forma direcionada e controlada, em resposta a estímulos específicos, permite uma eficácia terapêutica aprimorada e a redução de efeitos colaterais. A personalização desses sistemas, ajustando a liberação dos medicamentos às necessidades individuais dos pacientes, não apenas melhora a adesão ao tratamento, mas também oferece uma solução mais precisa para o manejo de doenças complexas.

O desenvolvimento contínuo e a integração de novas tecnologias em nanopartículas prometem transformar a medicina, proporcionando tratamentos mais eficazes e menos invasivos. Com a capacidade de combinar funções terapêuticas e diagnósticas, essas nanopartículas oferecem uma plataforma inovadora que pode revolucionar a forma como os medicamentos são administrados e monitorados. À medida que a pesquisa avança e novas formulações são avaliadas em ensaios clínicos, é provável que esses sistemas desempenhem um papel crucial na medicina personalizada e na terapia de precisão, trazendo novas esperanças para tratamentos mais eficazes e adaptados às necessidades dos pacientes.

**REFERÊNCIAS**

CHEN, Fengqian *et al*. Sistemas de entrega de medicamentos baseados em nanopartículas para terapia epigenética direcionada ao câncer. **Alvos atuais de drogas**, v. 21, n. 11, p. 1084-1098, 2020.

EL YOUSFI, Ridouan *et al*. Avanços recentes no desenvolvimento de nanopartículas para administração de medicamentos: uma revisão abrangente de arquiteturas multi-braço baseadas em policaprolactona. **Polímeros**, v. 15, n. 8, p. 1835, 2023.

ELUMALAI, Karthikeyan; SRINIVASAN, Sivaneswari; SHANMUGAM, Anandakumar. Revisão da eficácia de sistemas de administração de medicamentos baseados em nanopartículas para o tratamento do câncer. **Tecnologia Biomédica**, v. 5, p. 109-122, 2024.

HOSSEINI, S. M. *et al*. Nanopartículas poliméricas teranósticas como uma nova abordagem na terapia e diagnóstico do câncer: uma revisão. **Química de Materiais Hoje**, v. 29, p. 101400, 2023.

KOLDEMIR-GÜNDÜZ, Meliha. Role of Nanoparticles in Precision Medicine and Targeted Drug Delivery. In: **Biogenic Nanomaterial for Health and Environment**. CRC Press, 2024. p. 64-75.

LIU, Wei et al. Targeted pathophysiological treatment of ischemic stroke using nanoparticle-based drug delivery system. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 22, n. 1, p. 499, 2024.

MAGHSOUDI, Saeid *et al*. Burgeoning polymer nano blends for improved controlled drug release: a review. **International Journal of Nanomedicine**, p. 4363-4392, 2020.

MURUGAN, Baranya *et al*. Smart stimuli-responsive nanocarriers for the cancer therapy–nanomedicine. **Nanotechnology Reviews**, v. 10, n. 1, p. 933-953, 2021.

RAHIMINEZHAD, Zahra *et al*. Janus nanoparticles: new generation of multifunctional nanocarriers in drug delivery, bioimaging and theranostics. **Applied Materials Today**, v. 18, p. 100513, 2020.

SHRESTHA, Binita; TANG, Liang; CAPA, R. Lyle. Nanotecnologia para Medicina Personalizada. In: **Nanomedicina**. Cingapura: Springer Nature Singapore, 2023. pág. 555-603.

YEE KUEN, Cha; MASARUDIN, Mas Jaffri. Sistema baseado em nanopartículas de quitosana: uma nova visão sobre o promissor sistema de liberação controlada para o tratamento do câncer de pulmão. **Moléculas**, v. 27, n. 2, p. 473, 2022.

WANI, Shahid Ud Din *et al*. Uma revisão sobre categorização, caracterização e aplicações de nanopartículas em sistemas de liberação de medicamentos. **Espectroscopia Vibracional**, v. 121, p. 103407, 2022.