

**SISTEMA DE LIBERAÇÃO CONTROLADA DE QUIMIOTERÁPICOS BASEADO
EM NANOPARTÍCULAS: REVISÃO INTEGRATIVA**

**NANOPARTICLE-BASED CONTROLLED RELEASE SYSTEM FOR
CHEMOTHERAPEUTICS: INTEGRATIVE REVIEW**

**SISTEMAS DE LIBERACIÓN CONTROLADA BASADOS EN
NANOPARTÍCULAS PARA QUIMIOTERAPÉUTICOS: REVISIÓN INTEGRATIVA**

Ryann Rodrigues Cardoso

Discente do curso de farmácia,
Centro Universitário Santa Maria - UNIFSM
Email: ryann2018mh@gmail.com

José Guilherme Ferreira Marques Galvão

Doutor em Farmacologia de Produtos Naturais.
Docente do Curso Bacharelado em Farmácia do
Centro Universitário Santa Maria – UNIFSM.
Email: 000676@fsmead.edu.br

Ana Emilia Formiga Marques

Mestre em ciências naturais e biotecnologia
Docente do Curso Bacharelado em Farmácia do
Centro Universitário Santa Maria – UNIFSM.
Email: Anaemiliaformiga@hotmail.com

Diego Igor Alves Fernandes de Araújo

Doutor em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos
pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB;
Docente do Curso Bacharelado em Farmácia do
Centro Universitário Santa Maria – UNIFSM.
E-mail: 000831@fsmead.com.br

Resumo

O câncer é uma das principais causas de morte nas Américas e deve atingir 6,7 milhões de casos até 2045. Fatores como tabagismo, álcool e estilo de vida contribuem para seu surgimento. As terapias convencionais enfrentam limitações, como baixa eficácia e toxicidade. A nanotecnologia surge como solução promissora, com nanopartículas que permitem liberação controlada e direcionada de quimioterápicos, reduzindo efeitos colaterais. Elas melhoram a farmacocinética, protegem os fármacos e facilitam a absorção celular. A funcionalização com ligantes específicos

aumenta a precisão no combate ao tumor. Assim, a nanotecnologia oferece tratamentos mais eficazes e personalizados contra o câncer. Este estudo, visa por meio de uma revisão integrativa da literatura, examinar a eficiência dos sistemas de liberação controlada de quimioterápicos baseados em nanopartículas. Assim, trata-se de uma revisão integrativa da literatura científica. A coleta de dados foi feita em bases científicas como a Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), PubMed incluindo as plataformas, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e na National Center for Biotechnology Information (NCBI). Como critérios de inclusão, foram considerados estudos publicados entre 2019 e 2025, disponíveis na íntegra em português, inglês ou espanhol, e cujos objetivos estavam alinhados ao tema da pesquisa. Este trabalho busca apresentar informações essenciais para orientar profissionais da saúde e pacientes sobre as vantagens e limitações dos sistemas de liberação controlada de quimioterápicos, possibilitando uma avaliação crítica e embasada dessa abordagem terapêutica no tratamento do câncer. Os resultados mostram que essas tecnologias, baseadas em nanopartículas e lipossomas, permitem maior direcionamento tumoral, liberação sustentada e redução dos efeitos adversos, aumentando a eficácia e a adesão ao tratamento. Conclui-se que esses sistemas representam um avanço importante na terapêutica oncológica, embora ainda enfrentem desafios quanto à padronização e aos custos de produção.

Palavras-chave: Sistemas; nanopartículas; quimioterápicos; controlada.

Abstract

Cancer is one of the leading causes of death in the Americas and is expected to reach 6.7 million cases by 2045. Factors such as smoking, alcohol consumption, and lifestyle habits contribute to its development. Conventional therapies face several limitations, including low efficacy and high toxicity. Nanotechnology emerges as a promising solution, employing nanoparticles that allow controlled and targeted release of chemotherapeutic agents, thereby reducing side effects. These systems improve pharmacokinetics, protect drugs, and facilitate cellular uptake. Functionalization with specific ligands enhances precision in targeting tumors. Thus, nanotechnology offers more effective and personalized treatments against cancer. This study aims, through an integrative literature review, to examine the effectiveness of nanoparticle-based controlled release systems for chemotherapeutic agents. The present research consists of an integrative review of scientific literature. Data collection was carried out in scientific databases such as the Virtual Health Library (BVS), PubMed (including its platforms), Scientific Electronic Library Online (SciELO), and the National Center for Biotechnology Information (NCBI). Inclusion criteria considered studies published between 2019 and 2025, available in full text in Portuguese, English, or Spanish, and whose objectives were aligned with the research theme. This work seeks to present essential information to guide healthcare professionals and patients regarding the advantages and limitations of controlled release systems for chemotherapeutic drugs, enabling a critical and well-founded evaluation of this therapeutic approach in cancer treatment. The results show that these technologies, based on nanoparticles and liposomes, allow for greater tumor targeting, sustained release, and reduction of adverse effects, increasing the effectiveness and adherence to treatment. It is concluded that these systems represent an important advance in cancer therapy, although they still face challenges regarding standardization and production costs.

Keywords: Systems; nanoparticles; chemotherapeutics; controlled release.

Resumen

El cáncer es una de las principales causas de muerte en las Américas y se estima que alcanzará 6,7 millones de casos para el año 2045. Factores como el tabaquismo, el consumo de alcohol y el estilo de vida contribuyen a su aparición. Las terapias convencionales presentan limitaciones, como baja eficacia y elevada toxicidad. La nanotecnología surge como una solución prometedora, ya que las nanopartículas permiten la liberación controlada y dirigida de quimioterápicos, reduciendo los efectos secundarios. Estas mejoran la farmacocinética, protegen los fármacos y

facilitan su absorción celular. La funcionalización con ligandos específicos incrementa la precisión en el combate al tumor. Así, la nanotecnología ofrece tratamientos más eficaces y personalizados contra el cáncer. El presente estudio tiene como objetivo, mediante una revisión integrativa de la literatura, examinar la eficiencia de los sistemas de liberación controlada de quimioterápicos basados en nanopartículas. Se trata, por tanto, de una revisión integrativa de la literatura científica. La recolección de datos se realizó en bases científicas como la Biblioteca Virtual en Salud (BVS), PubMed, incluida la plataforma Scientific Electronic Library Online (SciELO), y el National Center for Biotechnology Information (NCBI). Como criterios de inclusión, se consideraron estudios publicados entre 2019 y 2025, disponibles íntegramente en portugués, inglés o español, y cuyos objetivos estuvieran alineados con el tema de la investigación. Este trabajo busca presentar información esencial para orientar a profesionales de la salud y pacientes sobre las ventajas y limitaciones de los sistemas de liberación controlada de quimioterápicos, posibilitando una evaluación crítica y fundamentada de esta estrategia terapéutica en el tratamiento del cáncer. Los resultados muestran que estas tecnologías, basadas en nanopartículas y liposomas, permiten un mayor direccionamiento tumoral, una liberación sostenida y la reducción de efectos adversos, aumentando la eficacia y la adherencia al tratamiento. Se concluye que estos sistemas representan un avance importante en la terapéutica oncológica, aunque aún enfrentan desafíos relacionados con la estandarización y los costos de producción.

Palavras clave: Sistemas; nanopartículas; quimioterápicos; liberación controlada.

1. Introdução

A palavra câncer vem do grego *karkínos*, que quer dizer caranguejo, e foi utilizada pela primeira vez por Hipócrates, o pai da medicina (Brasil, 2022). O câncer representa uma grande carga de doença nas Américas, estando atrás apenas das doenças cardiovasculares. Esta neoplasia é complexa e multifatorial caracterizada pelo crescimento anormal de células, tendo em vista que se multiplicam de forma desordenada, e são capazes de invadir tecidos saudáveis. Em 2022, foram registrados mais de 4,2 milhões de novos casos de câncer na região, e segundo projeções esse número pode aumentar em 60% até 2045, atingindo à marca 6,7 milhões de casos (OPAS, 2023). Esse crescimento expressivo reflete em fatores como envelhecimento populacional, mudança nos hábitos de vida e outros aspectos.

Com isso, essa enfermidade constitui um dos maiores problemas que a saúde pública enfrenta, ou seja, ela abrange um grande índice de morbidade e mortalidade do país. Conforme estatísticas do Instituto Nacional de Câncer (INCA) e estudos epidemiológicos recentes, os tipos de câncer mais comuns entre os brasileiros são o câncer de pele não melanoma, câncer de mama em mulheres,

câncer de próstata em homens e o colorretal, que acomete ambos os sexos (Brasil, 2022). Assim, as taxas de mortalidade para o conjunto de cânceres ajustadas por idade mostraram padrões de malignidade diferentes entre as regiões do país para homens e mulheres, uma vez que esta estatística aumentou entre os anos de 1978 a 2017, de 8,3% para 16,2% em homens, e 9,1 para 18,3% em mulheres (Brasil, 2020).

Desse modo, o câncer é desenvolvido por diversos fatores, sejam eles genéticos ou com as condições e estilo de vida do indivíduo. Sob esse viés, o uso excessivo de tabaco, está casualmente associado a cânceres de orofaringe, laringe, nariz, seios paranasais, pulmão, esôfago, colo uterino (Hans Scherübl, 2021). Além disso, foi confirmado que fumar, consumo excessivo de álcool, dieta e comportamento reprodutivo são condições para o desenvolvimento de neoplasia maligna na população humana (Lewandowska et al., 2019).

Os sistemas convencionais de administração de medicamentos (comprimidos, cápsulas, xaropes, pomadas, etc.), sofrem de baixa biodisponibilidade e flutuações no nível plasmático do medicamento e, por muitas vezes, são incapazes de atingir a liberação sustentada (Adepú; Seeram, 2021). As novas terapias alternativas buscam contornar os desafios da terapia convencional, melhorando a farmacocinética e a farmacodinâmica dos fármacos através do ajuste preciso de suas características físico-químicas. (Nammas, 2025).

Os sistemas de administração de medicamentos (DDS), seriam excelentes transportadores para agentes quimioterápicos, guiando os agentes quimioterápicos para o local do tumor, aumentando assim a concentração do medicamento nas células cancerígenas e evitando toxicidades nas células normais (Dang; Guan, 2021). Além disso, os DDS controlados protegem os medicamentos da degradação e depuração, úteis para administração de proteínas e novos agentes terapêuticos, terapia genética e interferência de RNA. Mantém níveis plasmáticos do medicamento constante liberando a dose definitiva do farmáceo em cada ponto de tempo por uma duração pré-determinada (Adepú; Seeram, 2021).

Dentre essas tecnologias, destaca-se a nanotecnologia. As nanopartículas são definidas como objetos com variação de tamanho de ordem de 1 a 100 nm (nanômetros) (Joudeh, Linke, 2022). Essas nanoestruturas permanecem no sistema circulatório do sangue por um período prolongado e permitem a liberação de medicamentos amalgamados conforme a dose específica. Assim, eles causam menos flutuações plasmáticas com efeitos adversos reduzidos. Sendo nanodimensionadas, essas estruturas penetram no sistema tecidual, facilitam absorção fácil de medicamentos pelas células, permitem uma administração eficiente do medicamento e garantem a ação no local alvo (Yusuf et al., 2023).

As nanoestruturas, sendo de cem a dez mil vezes menores que as células humanas, possuem a capacidade única de interagir com biomoléculas tanto na superfície quanto no interior das células. O papel da nanotecnologia na terapêutica do câncer tem sido melhorar a farmacocinética e reduzir as toxicidades sistêmicas das quimioterapias, direcionando e entregando seletivamente medicamentos anticâncer aos tecidos tumorais. Nanopartículas também são usadas para capturar抗ígenos eliminados de tumores após radioterapia (National Cancer Institute, 2022).

Diante do exposto, esse estudo tem como objetivo demonstrar os sistemas de liberação controlada de quimioterápicos baseados em nanopartículas que surgem como uma abordagem inovadora no tratamento do câncer, superando limitações como toxicidade sistêmica e baixa especificidade das terapias convencionais. Esses sistemas possibilitam a liberação controlada de fármacos especificamente no tecido tumoral, maximizando a eficácia terapêutica e minimizando os efeitos colaterais.

2. Metodologia

O presente trabalho é uma revisão integrativa da literatura, desenvolvida baseada nas seis fases do processo de elaboração: 1^a fase – elaboração da pergunta norteadora; 2^a fase – busca ou amostragem da literatura; 3^a fase – coleta de dados; 4^a fase – análise crítica dos estudos incluídos; 5^a fase – discussão dos

resultados; 6^a fase – apresentação da revisão integrativa (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

A pergunta norteadora do trabalho foi: Como os sistemas de liberação controlada de quimioterápicos baseados em nanopartículas podem otimizar a eficácia terapêutica e reduzir os efeitos colaterais no tratamento do câncer em comparação às terapias convencionais?

A pesquisa foi realizada por meio da seleção de artigos científicos publicados em períodos indexados nas bases de dados Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), PubMed, Scientific Electronic Library Online (Scielo), tendo a busca dos dados ocorrida de março de 2025 a novembro de 2025, utilizando os descritores extraídos do DeCS (Descritores em Ciências da Saúde): Câncer; nanotecnologia, sistemas, através do operador booleano *AND*, *OR* e *NOT*.

Foram selecionados artigos de acordo com os critérios de inclusão: revisão integrativa, revisão narrativa, estudo randomizado, revisão sistemática, metanálise, estudo de coorte multicêntrico, artigos que estejam disponíveis na íntegra, em português e inglês, publicados no período de 2015 a 2025, de acesso gratuito, e que abordem o tema. Foram excluídos estudos de teses, dissertações e monografias.

A seleção dos artigos encontrados com a busca nas diferentes bases de dados foi realizada inicialmente pela seleção títulos, os que tivessem relação com o objetivo, sendo selecionados para a leitura do resumo e os que apresentassem informações pertinentes à revisão foram lidos por completo. Os mesmos foram apresentados e selecionados com base nos critérios de inclusão e exclusão.

Nesta etapa os dados foram compilados sintetizados, agrupados e organizados em um quadro sinóptico para comparação e discussão das informações, com base na literatura pertinente.

A apresentação dos resultados sob forma de quadros, tabelas e gráficos para visualização dos principais resultados e conclusões decorrentes do estudo. A presente revisão de literatura assegura os aspectos éticos, garantindo a autoria dos

artigos pesquisados, utilizando para citações e referências dos autores as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3. Resultados e Discussão

Inicialmente foram encontrados 130 artigos nas bases de dados pesquisadas. Ao serem aplicados os critérios de inclusão, previamente estabelecidos, o número de artigos foi reduzido para 95. Após essa primeira etapa, foram excluídas duas publicações que se encontravam duplicadas nas bases de dados e, mediante leitura dos títulos e dos resumos, 45 por não responderem adequadamente ao objetivo deste estudo. Assim, 50 artigos foram lidos na integra e, após, 08 foram selecionados para utilizar na análise e discussão do trabalho. Os 42 artigos excluídos não se enquadram no escopo do trabalho, como podemos observar no quadro 1.

Quadro 1. Descrição dos estudos incluídos na revisão integrativa, segundo autor/ano, título, base de dados e objetivos.

| AUTOR/ANO | TITULO | BASE DE DADOS | OBJETIVOS | Resultados |
|------------------------|--|---------------|---|--|
| Prabhu RH et al., 2015 | Polymeric nanoparticles for targeted treatment in oncology: current insights | PUBMED | revisar e discutir os avanços no uso de nanopartículas poliméricas como sistemas de entrega direcionada de fármacos em tratamentos oncológicos, destacando como essas tecnologias podem superar as limitações da quimioterapia convencional | demonstrar que as nanopartículas poliméricas, graças à sua capacidade de modificação química e funcionalização com ligantes específicos, representam plataformas eficazes e versáteis para aumentar a eficácia terapêutica e reduzir os efeitos colaterais da quimioterapia. |
| Nasir et al., 2021 | Nanotechnology, a | PUBMED | tem como principal objetivo revisar e | Nanopartículas como lipossomos, ouro, prata |

| | | | | |
|--|---|--------|--|---|
| | Tool for Diagnostics and Treatment of Cancer | | discutir os avanços da nanotecnologia aplicada ao diagnóstico e tratamento do câncer | e pontos quânticos permitem a detecção precoce de células cancerosas e a entrega direcionada de medicamentos, reduzindo os efeitos colaterais da quimioterapia convencional. |
| Gonçalves, Laura Faustino, Haas, Patrícia 2021 | Efetividade da Nanotecnologia para Medicamentos em Pacientes com Câncer: Revisão Integrativa da Literatura | LILACS | Verificar evidências científicas sobre a efetividade dos medicamentos em pacientes com câncer pelo uso da nanotecnologia. | conclui que medicamentos com nanopartículas demonstraram ser seguros e eficazes no tratamento de certos tipos de câncer (como glioblastoma, câncer geniturinário e de mama) |
| Sun, L et al., 2023 | Smart nanoparticles for cancer therapy. | PUBMED | principais avanços no uso de nanopartículas inteligentes no tratamento do câncer, descrevendo seus tipos, modos de ação, mecanismos de resposta a estímulos, estratégias de direcionamento tumoral e seu potencial para tornar as terapias mais eficazes e personalizadas. | mostra que nanopartículas inteligentes melhoram a entrega de fármacos ao tumor, aumentam a eficácia do tratamento e reduzem a toxicidade, destacando seu potencial para terapias mais precisas e seguras. |
| Sun et al., 2024 | The drug release of PLGA-based nanoparticles and their application in treatment of gastrointestinal cancers | PUBMED | Compreender os fatores que influenciam a degradação e o comportamento de liberação de fármacos em nanopartículas de PLGA, e discutir suas aplicações terapêuticas no tratamento de cânceres gastrointestinais. | nanopartículas de PLGA são sistemas versáteis e eficazes para o tratamento de cânceres gastrointestinais. Elas permitem liberação controlada de fármacos, melhoram a eficácia da quimioterapia e radioterapia e possibilitam terapias inovadoras como imunoterapia e terapia gênica |
| Chen et al., 2024 | Recent advances and clinical translation of | PUBMED | Revisar os avanços recentes no desenvolvimento e na | Este artigo revisa os avanços recentes e a tradução clínica de |

| | | | | |
|--------------------|---|--------|--|--|
| | liposomal delivery systems in cancer therapy | | aplicação clínica de sistemas de liberação de fármacos baseados em lipossomas para o tratamento do câncer, destacando seus mecanismos de ação, tipos, vantagens terapêuticas e desafios para a tradução clínica. | sistemas de entrega lipossomais para terapia do câncer. Os lipossomas são vesículas lipídicas biocompatíveis que melhoraram a entrega de fármacos a células cancerosas, reduzindo efeitos colaterais em tecidos saudáveis. |
| Zhang et al., 2024 | Advances in polymeric nanoparticles for targeted cancer therapy | SCIELO | O estudo busca demonstrar como a engenharia de nanopartículas poliméricas pode melhorar a eficácia e a segurança dos tratamentos oncológicos por meio de liberação controlada e direcionamento tumoral preciso. | As nanopartículas poliméricas (NPs) emergiram como uma plataforma versátil e altamente customizável para a entrega direcionada de fármacos contra o câncer. |
| Yao et al., 2025 | Application of Nanotechnology in TACE Treatment of Liver Cancer | PUBMED | O estudo tem como objetivo revisar e sintetizar os avanços recentes no uso da nanotecnologia aplicada ao tratamento do câncer de fígado, especialmente na quimioembolização transarterial. | Este artigo de revisão tem como resultado demonstrar que o uso de nanopartículas pode revolucionar o tratamento do câncer de fígado (HCC) com a técnica TACE. |

FONTE: Autores, 2025

O câncer é uma das principais causas de morte no mundo, com prevalência de mais de 10 milhões de mortes anualmente. Os tratamentos atuais incluem intervenção cirúrgica, radiação e uso de medicamentos quimioterápicos, que

frequentemente matam as células saudáveis e resultam em toxicidade nos pacientes (Zaimy et al., 2017). A neoplasia maligna é considerada uma doença multifatorial, o que significa dizer que seu desenvolvimento pode ser influenciado por diversos fatores como tabagismo, consumo excessivo de bebidas e má alimentação que provocam, o desenvolvimento desta neoplasia (Soares et al., 2022).

Os estudos buscam identificar a prevalência da utilização de nanotecnologia no tratamento dos diversos tipos de câncer, com destaque para o desenvolvimento de sistemas de liberação controlada de quimioterápicos baseados em nanopartículas. Esses sistemas permitem que o fármaco seja direcionado especificamente às células tumorais, reduzindo os efeitos tóxicos sobre tecidos saudáveis e aumentando a eficácia terapêutica (Manaia et al., 2017).

Nas últimas décadas, diversos tipos de nanopartículas foram desenvolvidos e estudados devido ao seu potencial diagnóstico e terapêutico. No entanto, apenas as nanopartículas de óxido de ferro foram aprovadas para uso clínico diagnóstico, em razão de desafios como controle da farmacocinética, reprodutibilidade da síntese e preocupações com biodegradação e toxicidade (Baetke; Lammers; Kiessling, 2015). Ainda de acordo com os autores, a maioria das nanopartículas em uso clínico tem fins terapêuticos, sendo projetadas para liberar fármacos de forma direcionada e eficiente, minimizando efeitos colaterais — baseando-se principalmente no efeito de permeabilidade e retenção aprimoradas (EPR).

De acordo com Yao e colaboradores (2025), a nanotecnologia representa um avanço promissor para a otimização da Quimioembolização Transarterial (TACE) no tratamento do Carcinoma Hepatocelular (HCC). O estudo sintetiza como nanopartículas (NPs) atuam como agentes embólicos, carreadores de fármacos e contrastes de imagem, superando limitações da TACE convencional, como a embolização tumoral incompleta e a toxicidade sistêmica. Além disso, conforme este autor, diferentes NPs — como as de ouro (AuNPs), lipossomas, quitosana e sílica mesoporosa — permitem liberação controlada de quimioterápicos, direcionamento ativo ao tumor por meio do efeito EPR (*Enhanced Permeability and*

Retention) e integração com modalidades de imagem (MRI, CT e fluorescência) para guiamento em tempo real.

A nanotecnologia funciona como uma ferramenta versátil para detecção precoce e terapias mais seletivas. Através da funcionalização de sua superfície com moléculas biológicas, como anticorpos, é possível alcançar uma entrega dirigida de fármacos às células tumorais, minimizando significativamente a toxicidade sistêmica (Nasir-*et al.*, 2021). Uma vez que, melhora a estabilidade, eficácia dos medicamentos, além de ter a possibilidade combinar várias terapias (quimioterapia, radioterapia).

Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA), o Brasil registra cerca de 704 mil novos casos de câncer por ano entre 2023 e 2025, sendo o câncer de pele não melanoma o mais frequente. Entre os homens, o tipo mais comum é o de próstata, seguido por cólon e reto e pulmão, já entre as mulheres, predominam os cânceres de mama, cólon e reto e colo do útero. A maioria dos casos ocorre nas regiões Sul e Sudeste, enquanto o Norte e Nordeste apresentam maior incidência de tipos ligados a fatores socioeconômicos e infecciosos. Em 2021, foram registradas cerca de 231 mil mortes por câncer no país, o que reforça sua importância como grave problema de saúde pública e a necessidade de investir em prevenção e diagnóstico precoce (INCA, 2023).

Os avanços na nanotecnologia aplicada ao tratamento do câncer têm possibilitado o desenvolvimento de terapias mais eficazes e seletivas, com menor toxicidade sistêmica. No melanoma e no câncer colorretal, os sistemas de liberação de fármacos baseados em nanopartículas — como lipossomos, polímeros, dendrímeros e nanopartículas lipídicas ou de sílica — têm demonstrado alta precisão no direcionamento celular e maior controle na liberação dos medicamentos (Fereidouni *et al.*, 2025).

A funcionalização dessas partículas permite o reconhecimento de receptores específicos em células tumorais, aumentando a eficácia terapêutica e reduzindo os efeitos adversos. Dessa forma, a nanotecnologia representa uma estratégia promissora para o desenvolvimento de tratamentos personalizados e mais seguros contra diferentes tipos de câncer. Possibilitam não apenas a entrega controlada e

combinada de fármacos, mas também a integração com agentes de imagem e terapias gênicas, configurando uma abordagem promissora para o desenvolvimento de nanomedicinas personalizadas voltadas ao tratamento de diferentes tipos de câncer (Hasan; Evett; Burton, 2025).

As nanopartículas de poli (ácido láctico-co-glicólico) (PLGA) constituem uma alternativa promissora para sistemas de liberação controlada de quimioterápicos, especialmente em cânceres gastrointestinais. Graças à sua biocompatibilidade e capacidade de ajuste estrutural, o PLGA permite controlar a taxa de degradação e a liberação do fármaco, aumentando a eficácia terapêutica e reduzindo efeitos adversos. Essas nanopartículas favorecem a liberação prolongada, melhoram a biodisponibilidade oral e ampliam a retenção tumoral. Além disso, sua aplicação em terapias combinadas — como quimio, radio e imunoterapia — reforça seu potencial para tratamentos mais específicos e menos tóxicos (Sun et al., 2024). Conforme o autor, em modelos pré-clínicos, nanopartículas de PLGA apresentam vantagens promissoras — como liberação controlada, maior acúmulo tumoral, administração oral possível e combinação com terapias imunológicas — porém, até o momento, não há evidência clínica robusta de que essas formulações superem o tratamento convencional em cânceres gastrointestinais. Logo, a translação para a prática clínica permanece como um desafio.

O uso de lipossomas como sistemas de liberação controlada tem se destacado na oncologia por aumentar a eficácia terapêutica e reduzir a toxicidade dos quimioterápicos. Devido à sua biocompatibilidade e capacidade de encapsular fármacos hidrofílicos e lipofílicos, esses nanocarreadores promovem liberação controlada e maior acúmulo tumoral por meio do efeito de permeabilidade e retenção aumentada (EPR). Modificações, como o revestimento com polietilenoglicol (PEG), prolongam o tempo de circulação e potencializam a ação antitumoral. Estudos clínicos com lipossomas contendo doxorrubicina, irinotecano e paclitaxel demonstram manutenção da eficácia com menor toxicidade, evidenciando o potencial desses sistemas para terapias combinadas mais seguras e específicas (Chen et al., 2024). A doxorrubicina lipossomal, por exemplo, mostrou taxas de resposta significativas em diversos tipos de câncer, como o

carcinoma de endométrio e o câncer de mama metastático, com destaque para a redução da cardiototoxicidade em relação à formulação convencional autor deste trecho (Wang-Gillam, A et al., 2016).

As nanoestruturas poliméricas têm se destacado como uma estratégia promissora para o tratamento direcionado do câncer, devido à sua capacidade de controlar a liberação de fármacos e melhorar a seletividade tumoral protegendo o princípio ativo da degradação precoce e prolongando sua circulação sistêmica. Além disso, a modificação de superfície com ligantes específicos, como peptídeos, anticorpos, possibilita o reconhecimento seletivo de células tumorais, reduzindo a toxicidade em tecidos saudáveis. Dessa forma, espera-se que o desenvolvimento contínuo dessas plataformas otimize a quimioterapia, contribuindo para terapias mais seguras e personalizadas no combate ao câncer (Zhang et al., 2024).

O uso de nanopartículas poliméricas tem se destacado como uma estratégia promissora no tratamento do câncer, por permitir a entrega direcionada de fármacos e reduzir os efeitos adversos da quimioterapia convencional. Essas nanopartículas podem atuar por meio de dois mecanismos principais: o alvo passivo, que aproveita características fisiológicas do tumor, como a maior permeabilidade vascular, e o alvo ativo, que utiliza ligantes capazes de reconhecer receptores específicos presentes nas células cancerígenas. Além disso, os polímeros permitem modificações químicas que controlam a liberação dos medicamentos e aumentam seu tempo de circulação no organismo, resultando em maior eficácia terapêutica e menor toxicidade. Diversos estudos e ensaios clínicos já confirmam a aplicabilidade dessas tecnologias no campo da oncologia (Prabhu, Rashimi H. et al., 2015).

Os autores destacam que as nanopartículas inteligentes representam uma estratégia inovadora e promissora para o tratamento do câncer, pois conseguem responder seletivamente a estímulos internos do microambiente tumoral — como pH ácido, enzimas específicas e condições redox — além de estímulos externos, como luz, temperatura, ultrassom e campos magnéticos. Essa capacidade de resposta permite uma liberação controlada e localizada dos fármacos, aumentando a eficácia terapêutica e reduzindo efeitos tóxicos em tecidos saudáveis. Além disso,

as nanopartículas podem ser funcionalizadas com anticorpos, peptídeos e ligantes que reconhecem receptores superexpressos em células tumorais, favorecendo o direcionamento ativo do medicamento. Embora ainda existam desafios quanto à padronização, toxicidade e aplicação clínica, os autores demonstram que essas plataformas nanotecnológicas têm grande potencial para tornar a terapia oncológica mais precisa, segura e personalizada (Sun, L., et al., 2023).

4. Conclusão

O presente estudo demonstrou que os sistemas de liberação controlada de quimioterápicos baseados em nanopartículas representam um avanço significativo na terapêutica oncológica, oferecendo alternativas mais eficazes e seguras em comparação aos métodos convencionais. As evidências científicas analisadas indicam que as nanopartículas permitem uma liberação sustentada e direcionada dos fármacos, promovendo maior concentração do princípio ativo no tecido tumoral e reduzindo a toxicidade sistêmica. Dessa forma, esses sistemas contribuem para o aumento da eficácia terapêutica, da segurança farmacológica e da qualidade de vida dos pacientes oncológicos.

Além disso, observou-se que diferentes tipos de nanopartículas — como lipossomas, polímeros, dendrímeros e nanopartículas lipídicas — possuem características específicas que podem ser ajustadas conforme o tipo de fármaco e o alvo tumoral. O uso de materiais como o poli(ácido lático-co-glicólico) (PLGA) e a funcionalização com ligantes específicos possibilitam maior seletividade celular e melhor biodisponibilidade dos quimioterápicos. Essa flexibilidade na formulação e no controle da liberação posiciona a nanotecnologia como ferramenta essencial para o desenvolvimento de terapias personalizadas e mais precisas contra o câncer.

Os estudos também apontam que a integração dos sistemas nanoestruturados com outras abordagens terapêuticas — como a radioterapia, a imunoterapia e a terapia gênica — potencializa os resultados clínicos, oferecendo múltiplos mecanismos de ação contra as células tumorais. Apesar dos avanços, ainda existem desafios a serem superados, como a padronização dos métodos de

produção, a avaliação de longo prazo da biocompatibilidade e o custo elevado do desenvolvimento dessas formulações. Tais obstáculos reforçam a necessidade de mais pesquisas clínicas que comprovem a segurança e a eficácia desses sistemas em larga escala.

Portanto, conclui-se que a nanotecnologia aplicada à liberação controlada de quimioterápicos representa uma inovação promissora e em constante evolução. A tendência é que, com o progresso das pesquisas e o aprimoramento das técnicas de produção, esses sistemas se tornem parte integrante das terapias oncológicas de rotina, contribuindo para tratamentos mais eficazes, seletivos e menos invasivos. Assim, este trabalho evidencia a importância de investir em estudos multidisciplinares e em políticas públicas que incentivem o desenvolvimento de nanomedicinas voltadas ao enfrentamento do câncer.

Referências

ADEPU, S.; RAMAKRISHNA, S. Controlled drug delivery systems: current status and future directions. **Molecules**, v. 26, n. 19, p. 5905, 2021.

BAETKE, S. C.; LAMMERS, T.; KIESSLING, F. Applications of nanoparticles for diagnosis and therapy of cancer. **British Journal of Radiology**, v. 88, n. 1054, 2015. DOI: 10.1259/bjr.20150207.

BRASIL. Ministério da Saúde. ABC do câncer: abordagens básicas para o controle do câncer. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/abc_do_cancer.pdf. Acesso em: 18 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA). Estatísticas de câncer – dados de mortalidade em 2021. Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/cancer-mortalidade-2021>

[br/assuntos/cancer/numeros](https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/numeros). Acesso em: 14 out. 2025.

CHEN, J. et al. Recent advances and clinical translation of liposomal delivery systems in cancer therapy. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 193, p. 106688, 2024. DOI: 10.1016/j.ejps.2023.106688.

DANG, Y.; GUAN, J. Nanoparticle-based drug delivery systems for cancer therapy. **Smart Materials in Medicine**, v. 1, p. 10–19, 2020. DOI: 10.1016/j.smaim.2020.04.001.

FEREIDOUNI, F. et al. Advances in the systemic administration of nanotechnology-mediated drug delivery systems in melanoma treatment: a systematic review. **Discover Applied Sciences**, v. 7, n. 512, p. 1–25, 2025. DOI: 10.1007/s42452-025-06998-z.

HASAN, M.; EVETT, C. G.; BURTON, J. **Advances in nanoparticle-based targeted drug delivery systems for colorectal cancer therapy: a review**. Department of Chemistry, University of South Dakota, Vermillion, 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA (INCA). Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/numeros>. Acesso em: 14 out. 2025.

LARRAÑETA, E.; DOMÍNGUEZ-ROBLES, J. Long-acting drug delivery systems: current landscape and future prospects. **Drug Discovery Today**, v. 30, n. 9, p. 104447, 2025.

LEWANDOWSKA, A. M. et al. Environmental risk factors for cancer – review paper. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 26, n. 1, p. 1–7,

2019. DOI: 10.26444/aaem/94299.

MANAIA, E. B. et al. Physicochemical characterization of drug nanocarriers. **International Journal of Nanomedicine**, v. 12, p. 4991–5011, 2017. DOI: 10.2147/IJN.S133832.

NAMMAS, M. The impact of drug delivery systems on pharmacokinetics and drug-drug interactions in neuropsychiatric treatment. **Cureus**, v. 17, n. 6, e85563, 2025. DOI: 10.7759/cureus.85563.

NASIR, A. et al. Nanotechnology: a tool for diagnostics and treatment of cancer. **Current Topics in Medicinal Chemistry**, v. 21, n. 15, p. 1360–1376, 2021. DOI: 10.2174/1568026621666210701144124.

NATIONAL CANCER INSTITUTE (NCI). Cancer Nanotechnology: Current Treatments. National Cancer Institute, 2022. Disponível em: <https://www.cancer.gov/nano/cancer-nanotechnology/current-treatments>. Acesso em: 20 mar. 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). Câncer. OPAS/OMS, 2023. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/cancer>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PATRA, J. K. et al. Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 16, n. 71, 2018. DOI: 10.1186/s12951-018-0392-8.

PRABHU, R. H.; PATRAVALE, V. B.; JOSHI, M. D. Polymeric nanoparticles for targeted treatment in oncology: current insights. **International Journal of Nanomedicine**, v. 10, p. 1001–1018, 2015. DOI: 10.2147/IJN.S56932.

SABIN. Tipos mais comuns de câncer. Blog Sabin, [s.d.]. Disponível em: <https://blog.sabin.com.br/saude/tipos-mais-comuns-de-cancer/>. Acesso em: 15 out. 2025.

SCHERÜBL, H. Tabakrauchen und Krebsrisiko. **Deutsche Medizinische Wochenschrift**, v. 146, n. 6, p. 412–417, 2021. DOI: 10.1055/a-1216-7050.

SILVA, G. A. et al. Mortalidade por câncer nas capitais e no interior do Brasil: uma análise de quatro décadas. **Revista de Saúde Pública**, v. 54, p. 126, 2020.

SOARES, T. do N. et al. Aplicação de nanocarreadores como estratégia na terapia do câncer de pele. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 9, p. 63560–63575, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n9-210.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, v. 8, p. 102–106, 2010.

SUN, R. et al. The drug release of PLGA-based nanoparticles and their application in treatment of gastrointestinal cancers. **Helijon**, v. 10, n. 18, e38165, 2024. DOI: 10.1016/j.helijon.2024.e38165.

SUN, L.; LIU, H.; YE, Y. et al. Smart nanoparticles for cancer therapy. **Signal Transduction and Targeted Therapy**, v. 8, p. 418, 2023. DOI: 10.1038/s41392-023-01642-x.

YAO, L. et al. Application of nanotechnology in TACE treatment of liver cancer. **International Journal of Nanomedicine**, v. 20, p. 9621–9639, 2025.

YUSUF, A. et al. Nanoparticles as drug delivery systems: a review of the

implication of nanoparticles' physicochemical properties on responses in biological systems. **Polymers**, v. 15, n. 1596, 2023. DOI: 10.3390/polym15071596.

ZAIMY, M. A. et al. New methods in the diagnosis of cancer and gene therapy of cancer based on nanoparticles. **Cancer Gene Therapy**, v. 24, n. 6, p. 233–243, 2017. DOI: 10.1038/cgt.2017.16.