

NANOPARTÍCULAS PARA O TRATAMENTO DE LEUCEMIA MIELOIDE AGUDA**NANOPARTICLES FOR THE TREATMENT OF ACUTE MYELOID LEUKEMIA** <https://doi.org/10.63330/armv1n9-045>

Submetido em: 24/11/2025 e Publicado em: 03/12/2025

Eduarda Guedes Perim

Bacharel em Biomedicina

Centro Universitário IESB

E-mail: eguedesuda2@gmail.com

Tulio Nakazato da Cunha

Professor Doutor

Universidade de Brasília – UnB; Centro Universitário IESB

E-mail: tulio.cunha@unb.br

RESUMO

INTRODUÇÃO: Este artigo sintetiza o potencial terapêutico das nanopartículas no tratamento da leucemia mieloide aguda, destacando seus principais mecanismos de ação e vantagens em relação às terapias convencionais. A nanotecnologia tem se mostrado um campo promissor por permitir maior seletividade, eficiência e redução de efeitos adversos no tratamento oncológico. **METODOLOGIA:** Foi realizada uma pesquisa bibliográfica descritiva em bases científicas, identificando inicialmente 68 estudos publicados entre 2017 e 2025. Após a aplicação de critérios de inclusão — como o uso de nanopartículas e a apresentação de resultados terapêuticos relevantes — 10 artigos foram selecionados para análise. A avaliação considerou títulos, resumos e a leitura integral dos estudos elegíveis, permitindo reunir evidências atualizadas sobre o tema. **RESULTADOS:** As nanopartículas abordadas nos estudos incluíram lipossomos, nanopartículas inorgânicas e sistemas baseados em microRNAs. Os lipossomos demonstraram alta capacidade de direcionamento seletivo às células leucêmicas, além de maior eficiência na entrega de fármacos. Nanopartículas inorgânicas, como partículas de ouro e óxido de ferro, apresentaram aplicações tanto terapêuticas quanto diagnósticas, abrangendo ablação térmica, liberação controlada de medicamentos e atuação como agentes de imagem. Já os sistemas baseados em microRNAs mostraram capacidade de modular vias relacionadas à proliferação e resistência tumoral. A combinação entre nanopartículas e miRNAs potencializou efeitos pró-apoptóticos, reduziu a viabilidade celular e aumentou a seletividade das intervenções. Os estudos destacaram ainda a redução da toxicidade sistêmica, melhora da biodisponibilidade e a superação de mecanismos de resistência medicamentosa. **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** Os achados indicam que as nanopartículas representam uma estratégia terapêutica promissora, oferecendo abordagens mais eficazes, seguras e direcionadas para o tratamento da leucemia mieloide aguda.

Palavras-chave: Leucemia; Nanotecnologia; Nanotecnologia na leucemia; Câncer.**ABSTRACT**

INTRODUCTION: This article synthesizes the therapeutic potential of nanoparticles in the treatment of acute myeloid leukemia (AML), emphasizing their main mechanisms of action and advantages over conventional therapies. Nanotechnology has emerged as a promising approach due to its ability to enhance drug selectivity, reduce toxicity, and improve treatment outcomes in hematologic malignancies. **METHODOLOGY:** A descriptive bibliographic search was conducted in scientific databases, initially identifying 68 studies published between 2017 and 2025. After applying inclusion criteria—such as the use



of nanoparticles and evidence of positive therapeutic effects—10 articles were selected for final analysis. Titles, abstracts, and full texts were reviewed to gather comprehensive and updated information on the subject. **RESULTS:** The selected studies described the use of liposomes, inorganic nanoparticles, and microRNA-based systems. Liposomes demonstrated selective targeting of leukemic cells and increased drug delivery efficiency. Inorganic nanoparticles, including gold and iron oxide particles, exhibited both therapeutic and diagnostic applications, such as thermal ablation, controlled drug release, and imaging. MicroRNA-based systems were shown to regulate pathways involved in tumor proliferation and drug resistance. Combinations of nanoparticles with miRNAs enhanced pro-apoptotic responses and reduced leukemic cell viability. Overall, the studies reported improved therapeutic selectivity, lower systemic toxicity, enhanced bioavailability, and the potential to overcome resistance mechanisms. Collectively, nanotechnology-based therapies exhibited superior performance compared to conventional treatment approaches. **FINAL CONSIDERATIONS:** The findings indicate that nanoparticles represent a promising and targeted strategy to improve the safety and effectiveness of acute myeloid leukemia treatment.

Keywords: Leukemia; Nanotechnology; Nanotechnology in leukemia; Cancer.



1 INTRODUÇÃO

O câncer é um termo que engloba mais de 100 tipos de doenças malignas caracterizadas pelo crescimento descontrolado de células anormais. Essas células podem se espalhar para outras partes do corpo por meio da corrente sanguínea ou linfática, processo chamado de metástase. Em todo o mundo, o câncer é uma das principais causas de morte, com aproximadamente 17 milhões de casos novos e 9,5 milhões de mortes por ano (OPAS, 2018; INCA, 2020).

A leucemia é um tipo de câncer que representa uma parte significativa das mortes relacionadas ao câncer. Pode ser dividida em mielóide ou linfóide e em formas agudas ou crônicas. A leucemia mieloide afeta principalmente homens com mais de 60 anos e causa uma diminuição significativa nas células sanguíneas saudáveis (Bishoy et al., 2025).

Embora os países desenvolvidos diagnosticam mais cânceres, a taxa de mortalidade é maior em países em desenvolvimento, devido a desigualdades no acesso ao diagnóstico e tratamentos. Atualmente, tratamentos como quimioterapia, radioterapia e cirurgia são os mais usados, mas têm efeitos colaterais indesejados. Por isso, novas abordagens como a nanotecnologia estão sendo investigadas para melhorar os resultados (Revista FT., 2023)

A nanotecnologia oferece novas possibilidades para o tratamento da leucemia mieloide aguda (LMA), pois as nanopartículas podem direcionar medicamentos diretamente às células cancerígenas, poupando os tecidos saudáveis e reduzindo os efeitos colaterais. Elas também podem superar a resistência a medicamentos e melhorar a absorção de fármacos pouco solúveis (Ventola, 2017).

MicroRNAs (miRNAs) são pequenas moléculas de RNA que regulam a expressão genética e têm mostrado potencial como agentes supressores de tumores, especialmente na leucemia. Eles podem controlar a proliferação desordenada das células cancerígenas, representando uma estratégia terapêutica inovadora e menos tóxica no combate ao câncer (Revista FT., 2023).

O objetivo deste artigo é investigar o potencial terapêutico das nanopartículas no tratamento da leucemia mieloide aguda (LMA), por meio da revisão dos principais tipos de nanopartículas utilizadas na terapia do câncer, análise dos mecanismos de ação dessas partículas no combate às células leucêmicas e comparação da eficácia e segurança das terapias baseadas em nanopartículas com os tratamentos convencionais da LMA.

2 METODOLOGIA

- 1 Tratou-se de uma pesquisa bibliográfica do tipo descritiva da literatura, com busca ativa de artigos nas bases de dados eletrônicas: PubMed Central e revista científica durante o período de março a novembro de 2025
 - 1.1 utilizando buscas estruturadas como “*leukemia AND cancer*”, “*nanotechnology in Leukemia*”,



“nanoparticles in leukemia AND cancer”.

1.2 Recorreu-se aos operadores booleanos “AND” e “[title]” para combinação dos descritores e termos utilizados para rastreamento das publicações.

Através deste procedimento de busca, foram identificadas, inicialmente, 68 publicações.

2 Destes, foram selecionados 29, além de referências adicionais encontradas na bibliografia desses artigos, com a mesma metodologia especificada acima.

Os critérios de seleção para este estudo foram:

2.1 Idioma em inglês e português.

2.2 revisões bibliográficas que tenham resultados promissores.

2.3 período de tempo entre 2017 e 2025 com exceção de um artigo datado em 2008.

Os artigos identificados pela estratégia de busca inicial foram avaliados independentemente por um autor, conforme os seguintes critérios de inclusão:

(1) pacientes com leucemia (adultos)

(2) uso de nanopartículas para o tratamento da doença

(3) efeitos positivos gerados por essas nanopartículas.

Os estudos que cumpriram os critérios de inclusão foram considerados elegíveis. Foram excluídos artigos que apresentavam informações repetidas ou disponíveis em outros artigos.

Por fim, após a primeira análise, com avaliação dos títulos, 35 artigos foram considerados elegíveis para a segunda fase desta revisão, que constituiu a leitura dos resumos. Após avaliação dos mesmos, os estudos que pareciam preencher os critérios de inclusão foram lidos na íntegra.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da busca estruturada realizada nos bancos de dados, foram identificados 69 estudos. Por meio da leitura de títulos, resumos e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão selecionou-se 10 artigos (Figura 1) para o corpus de análise.



Figura 1. Fluxograma de seleção dos artigos, 2025.



Fonte: próprio autor, 2025.

Entre os 10 artigos selecionados para revisão, foram analisadas diferentes nanopartículas para o tratamento da leucemia mieloide aguda. As principais nanopartículas investigadas e encontradas foram:

Lipossomos, nanopartículas inorgânicas e MicroRNAs.. Detalhes dos artigos avaliados estão disponíveis no Quadro 1.

Quadro 1. Características dos artigos científicos selecionados, segundo título, autores, ano de publicação, objetivo e resultados, 2025.

TÍTULO	AUTOR	ANO	OBJETIVO	RESULTADOS
Nanotechnology in leukemia therapy: revolutionizing targeted drug delivery and immune modulation.	Ashok Kumar	2025	Explorar o uso da nanotecnologia no tratamento da leucemia, com foco em entrega direcionada e modulação imunológica.	Evidenciou que nanopartículas aumentam a eficácia terapêutica e reduzem efeitos colaterais, destacando potencial para terapias personalizadas.
Nanoparticle therapeutics: an emerging treatment modality for cancer.	Davis, M. E.; Chen, Z. G.; Shin, D. M.	2008	Revisar o desenvolvimento de nanopartículas como modalidade terapêutica emergente para	Apontou que a nanotecnologia melhora a biodisponibilidade e a seletividade dos fármacos anticancerígenos.



			o câncer.	
Acute myeloid leukemia: The good, the bad, and the ugly.	Estey, E. H.	2020	Analisar os avanços e desafios no tratamento da leucemia mieloide aguda (LMA)	Constatou progressos em terapias alvo, mas destacou alta taxa de recidiva e resistência medicamentosa.
The nanomedicine revolution: Challenges and opportunities.	Mohanty, C.; Sahoo, S. K.	2017	Discutir o impacto da nanomedicina no tratamento de doenças, incluindo o câncer.	Destacou o potencial da nanomedicina para terapia personalizada, embora desafios de toxicidade e regulação persistam.
O uso do nanomaterial e do miRNA como adjuvante no tratamento de leucemia mieloide aguda.	Revista FT.	2023	Revisar o papel dos nanomateriais e miRNAs como coadjuvantes na terapia da LMA.	Concluiu que o uso combinado de miRNA e nanopartículas potencializa a resposta terapêutica.
Nanotechnology in leukemia: diagnosis, efficient-targeted drug delivery, and clinical trials.	Maha M Salama, Nora M Aborehab, Nihal M El Mahdy, Ahmed Zayed, Shahira M Ezzat.	2023	Avaliar a aplicação da nanotecnologia no diagnóstico e tratamento da leucemia.	Avaliar a aplicação da nanotecnologia no diagnóstico e tratamento da leucemia.
Acute myeloid leukemia.	Stone, R. M.; Lowenberg, B.	2021	Fornecer uma revisão abrangente sobre fisiopatologia, diagnóstico e terapias da LMA.	Apresentou novos fármacos alvo e imunoterapias que melhoram a sobrevida de pacientes.
Progress in nanomedicine: Approved and investigational products.	Ventola, C. L.	2017	Revisar produtos de nanomedicina aprovados e em desenvolvimento.	Mostrou crescimento de produtos aprovados e aumento do interesse clínico em terapias nanotecnológicas.



A review of common immunotherapy and nanoimmunotherapy for acute myeloid leukemia.	Yaoyao Wang, Xiancong Yang, Yalin Liu, Youjie Li	2025	Revisar imunoterapias e nanoimunoterapias aplicadas à LMA.	Relatou eficácia potencial de nanocarregadores para otimizar respostas imunes anti leucêmicas.
--	--	------	--	--

A leucemia mieloide aguda (LMA) é uma das formas mais agressivas de câncer hematológico, caracterizada pela multiplicação descontrolada de células imaturas da linhagem mielóide na medula óssea. Essa proliferação anormal impede a produção adequada de células sanguíneas, resultando em sintomas como anemia, infecções recorrentes e sangramentos espontâneos. De acordo com Salama et al (2023), a LMA representa um desafio clínico significativo, especialmente por sua alta taxa de mortalidade, que atinge principalmente adultos mais velhos. No Brasil, entre 2008 e 2017, esse subtipo de leucemia foi responsável por cerca de 36% das mortes por leucemia, com aumento de 23% no número de óbitos no período, refletindo a gravidade e o crescimento da doença.

Segundo Estey (2020) e Stone e Lowenberg (2021), mesmo com os avanços em terapias convencionais, como a quimioterapia intensiva e o transplante de medula óssea, muitos pacientes ainda enfrentam elevadas taxas de recaída, além de apresentarem toxicidades severas que comprometem a qualidade de vida. Um dos principais obstáculos desses métodos tradicionais é a falta de especificidade das drogas antineoplásicas, que atacam tanto células malignas quanto saudáveis. A resistência medicamentosa também é um problema recorrente, dificultando o controle efetivo da enfermidade. Diante desse cenário, Wang et al (2025) apontam a nanotecnologia como uma alternativa inovadora e promissora, capaz de oferecer abordagens mais direcionadas para o diagnóstico e o tratamento, além de contribuir para o fortalecimento do sistema imunológico.

3.1 PRINCÍPIOS DA NANOTECNOLOGIA APLICADA À ONCOLOGIA

De acordo com Bishoyi et al (2025), a nanotecnologia atua na manipulação de materiais em escala nanométrica — entre 1 e 100 nanômetros —, o que permite desenvolver estruturas capazes de transportar medicamentos diretamente até as células tumorais. Essa precisão ocorre porque os nanomateriais podem ser projetados para atravessar barreiras biológicas e responder a estímulos específicos, como temperatura, pH e luz. Além disso, suas propriedades físico-químicas podem ser ajustadas para garantir compatibilidade com o organismo e maior tempo de circulação no sangue, reduzindo os efeitos adversos.

Ventola (2017) complementa que nanopartículas funcionais podem ser programadas com ligantes capazes de reconhecer marcadores específicos, como CD33 e CD123, presentes nas células leucêmicas, o que permite o direcionamento seletivo do fármaco. Essa especificidade representa um avanço expressivo



em relação à quimioterapia tradicional, pois reduz a toxicidade sistêmica e preserva tecidos saudáveis.

Para Davis et al (2008), o valor da nanotecnologia na oncologia está em sua natureza interdisciplinar, que integra conhecimentos da engenharia, biotecnologia e farmacologia. Essa convergência científica tem acelerado o desenvolvimento de terapias personalizadas, menos tóxicas e mais eficazes. De forma semelhante, Mohanty e Sahoo (2017) reforçam que a nanomedicina possibilita superar mecanismos de resistência celular e modificar o microambiente tumoral, favorecendo uma resposta imunológica mais eficiente contra as células leucêmicas.

3.2 TIPOS DE NANOPARTÍCULAS UTILIZADAS EM LMA

3.2.1 Lipossomos

Segundo Bishoyi et al. (2025), os lipossomos são vesículas esféricas compostas por camadas lipídicas semelhantes às membranas celulares, o que facilita sua interação com as células doentes. Essas estruturas podem encapsular tanto fármacos hidrofílicos, em seu interior aquoso, quanto substâncias lipofílicas, nas camadas lipídicas. Quando modificados com anticorpos anti-CD33, os lipossomos direcionam-se seletivamente às células leucêmicas, aumentando a absorção do medicamento e diminuindo os danos às células normais.

Além disso, Wang et al. (2025) destacam que lipossomos podem ser utilizados para liberar simultaneamente agentes quimioterápicos e substâncias imunomoduladoras, como os oligonucleotídeos CpG, que estimulam receptores do tipo Toll-like e promovem uma resposta imune mais robusta contra as células leucêmicas.

3.2.2 Nanopartículas inorgânicas

De acordo com Salama et al. (2023), nanopartículas metálicas — especialmente as de ouro (AuNPs), prata e óxido de ferro — possuem propriedades físico-químicas únicas que as tornam valiosas tanto para fins terapêuticos quanto diagnósticos. As AuNPs, por exemplo, podem ser ativadas por luz próxima ao infravermelho, liberando calor localizado e promovendo a destruição das células tumorais por ablação térmica. Em estudos laboratoriais, AuNPs conjugadas a anticorpos anti-CD123 reduziram em até 70% a viabilidade de células de LMA. Já as nanopartículas de óxido de ferro desempenham papel duplo, atuando como veículos de fármacos e agentes de contraste em exames de ressonância magnética, permitindo o monitoramento em tempo real da terapia.

3.2.3 MicroRNAs e nanotecnologia na terapia da LMA

Conforme a Revista Formação Técnica (2023), os microRNAs (miRNAs) exercem papel essencial na regulação gênica e têm sido amplamente estudados por sua participação na progressão da LMA. O miR-



155, por exemplo, está associado à resistência a fármacos, enquanto o miR-424 e o miR-503 favorecem a diferenciação celular e a apoptose. O uso combinado de nanotecnologia e miRNAs tem se mostrado promissor, pois as nanopartículas podem proteger e direcionar essas moléculas para as células leucêmicas, garantindo maior estabilidade e eficácia terapêutica.

Ainda segundo a Revista Formação Técnica (2023), sistemas nanoestruturados que transportam o miR-503 juntamente com inibidores do miR-9 apresentaram resultados expressivos, promovendo bloqueio da proliferação tumoral, ativação da apoptose e interrupção do ciclo celular. Esses achados reforçam o potencial da integração entre nanotecnologia e biologia molecular no desenvolvimento de terapias mais específicas e eficazes para o tratamento da LMA

4 CONCLUSÃO

A análise realizada demonstra que a nanotecnologia representa um avanço promissor no tratamento da leucemia mieloide aguda (LMA), sobretudo diante das limitações das terapias tradicionais, que frequentemente causam toxicidade elevada, falta de especificidade e altos índices de recaída. Os estudos revisados evidenciam que nanopartículas como lipossomos, estruturas inorgânicas e sistemas baseados em microRNAs têm potencial para direcionar fármacos de maneira mais precisa às células leucêmicas, aumentando a eficácia terapêutica e reduzindo danos aos tecidos saudáveis. Além disso, a integração entre nanotecnologia e microRNAs surge como uma abordagem inovadora, capaz de regular vias genéticas alteradas e melhorar significativamente a resposta ao tratamento.

Embora ainda existam desafios a serem superados, como o aprofundamento de pesquisas clínicas e a avaliação de possíveis efeitos a longo prazo, os resultados analisados reforçam que essas novas tecnologias têm potencial real para transformar o tratamento da LMA, tornando-o mais seguro, eficaz e personalizado.

Este estudo possui grande importância para a Biomedicina, pois amplia o entendimento sobre a aplicação de tecnologias emergentes na área da saúde e evidencia o potencial da nanotecnologia em transformar o tratamento de doenças hematológicas complexas. Ao demonstrar como materiais nanoestruturados interagem com mecanismos celulares e podem gerar terapias mais específicas e eficazes, a pesquisa aproxima a prática biomédica da inovação científica e impulsiona o avanço da medicina personalizada. Dessa forma, o artigo reforça o papel essencial do biomédico na investigação, no desenvolvimento e na implementação de novas abordagens terapêuticas capazes de modificar profundamente o panorama atual do tratamento do câncer.



REFERÊNCIAS

- BISHOYI, A. K. et al. Nanotechnology in leukemia therapy: revolutionizing targeted drug delivery and immune modulation. **Clinical and Experimental Medicine**, v. 25, p. 166, 2025.
- DAVIS, M. E.; CHEN, Z. G.; SHIN, D. M. Nanoparticle therapeutics: an emerging treatment modality for cancer. **Nature Reviews Drug Discovery**, v. 7, n. 9, p. 771–782, 2008.
- ESTEY, E. H. Acute myeloid leukemia: The good, the bad, and the ugly. **Current Oncology Reports**, v. 22, n. 3, p. 28, 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER – INCA. O que é câncer? INCA, 2020. Acesso em: 07/11/2025.
- MOHANTY, C.; SAHOO, S. K. The nanomedicine revolution: Challenges and opportunities. **Frontiers in Pharmacology**, v. 8, p. 14, 2017.
- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – OPAS. Câncer. OPAS, 2018. Acesso em: 07/11/2025.
- REVISTA FT. O uso do nanomaterial e do miRNA como adjuvante no tratamento de leucemia mieloide aguda. **Revista Formação Técnica**, 2023. Acesso em: 9 jun. 2025.
- SALAMA, M. M. et al. Nanotechnology in leukemia: diagnosis, efficient-targeted drug delivery, and clinical trials. **European Journal of Medical Research**, v. 28, p. 566, 2023.
- STONE, R. M.; LOWENBERG, B. Acute myeloid leukemia. **New England Journal of Medicine**, v. 384, n. 17, p. 1656–1670, 2021.
- VENTOLA, C. L. Progress in nanomedicine: Approved and investigational products. **Pharmacy and Therapeutics**, v. 42, n. 12, p. 742, 2017.
- WANG, Y. et al. A review of common immunotherapy and nanoimmunotherapy for acute myeloid leukemia. **Frontiers in Immunology**, v. 16, p. 1505247, 2025.