



Produzir Editora
& Eventos

ONCOLOGIA

do diagnóstico à reabilitação

Organizadores:

Mariana Pereira Barbosa Silva



ONCOLOGIA

1ª edição

Organizadores:

Mariana Pereira Barbosa Silva



**Produzir Editora
& Eventos**

2025



**Produzir Editora
& Eventos**

Produzir Editora & Eventos

Teresina, Piauí, Brasil

<http://produzireditoraeventos.com.br/>
atendimento@produzireditoraeventos.com.br

ISBN: 978-65-83680-00-6

DOI: <https://doi.org/10.70073/prod.edt.978-65-83680-00-6>

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Oncologia [livro eletrônico] : do diagnóstico à
reabilitação / organização Mariana Pereira
Barbosa Silva. -- Teresina, PI :
Produzir Editora & Eventos, 2025.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-83680-00-6

1. Câncer - Diagnóstico 2. Pesquisas 3. Oncologia
4. Reabilitação médica 5. Saúde I. Silva, Mariana
Pereira Barbosa.

25-260154

CDD-616.992

NLM-QZ-200

Índices para catálogo sistemático:

1. Oncologia : Medicina 616.992

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

2025 by Produzir Editora & Eventos
Copyright © Produzir Editora & Eventos

CORPO EDITORIAL DA PRODUIR EDITORA & EVENTOS

EDITORIA-CHEFE

Mariana Pereira Barbosa Silva | Universidade Federal do Piauí (UFPI)

CONSELHO EDITORIAL

Ana Emília Araújo de Oliveira | Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

Francisco Wagner dos Santos Sousa | Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Marciele de Lima Silva | Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Mônica Barbosa de Sousa Freitas | Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Tiago Rodrigues da Silva | Universidade Federal do Piauí (UFPI)

APRESENTAÇÃO

A Produzir Editora & Eventos lança a 1º Edição do E-Book “Oncologia: do diagnóstico à reabilitação”. Nosso objetivo é disseminar conhecimentos e contribuir para a propagação de temáticas pertinentes no âmbito da Oncologia, tendo em vista a relevância de tal para a saúde. Esse material é destinado a todos os estudantes, profissionais e pesquisadores em geral. Desejamos a todos uma ótima leitura e parabenizamos todos os autores pelas excelentes pesquisas.

SUMÁRIO

Capítulo 1

PERDAS SIGNIFICATIVAS VIVENCIADAS POR PACIENTES ONCOLÓGICOS
NA HOSPITALIZAÇÃO: UMA REVISÃO DE LITERATURA NARRATIVA.....7

Capítulo 2

O PAPEL DA TIREOGLOBULINA SÉRICA NO CÂNCER DIFERENCIADO DE
TIREOIDE: REVISÃO DE LITERATURA18

Capítulo 3

NANOTECNOLOGIA NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS INTELIGENTES
PARA LIBERAÇÃO CONTROLADA DE QUIMIOTERÁPICOS ANTI TUMORAIS:
REVISÃO SISTEMÁTICA29

Capítulo 4

USO DE NANOTECNOLOGIA ASSOCIADA À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO
DESENVOLVIMENTO DE TERAPIAS PERSONALIZADAS CONTRA O CÂNCER:
REVISÃO DA LITERATURA46

PERDAS SIGNIFICATIVAS VIVENCIADAS POR PACIENTES ONCOLÓGICOS NA HOSPITALIZAÇÃO: UMA REVISÃO DE LITERATURA NARRATIVA

SIGNIFICANT LOSSES EXPERIENCED BY ONCOLOGY PATIENTS DURING
HOSPITALIZATION: A NARRATIVE LITERATURE REVIEW

PÉRDIDAS SIGNIFICATIVAS EXPERIMENTADAS POR PACIENTES DE
ONCOLOGÍA DURANTE LA HOSPITALIZACIÓN: UNA REVISIÓN DE LA
LITERATURA NARRATIVA

DATA DE SUBMISSÃO: 25/01/2025 | DATA DE ACEITE: 27/01/2025 | DATA DE PUBLICAÇÃO: 20/03/2025

DAYANE CRISTINE CORDEIRO SILVA¹

YANÁ DOS SANTOS MAIA¹

¹CHU/HUJBB - UFPA| Belém, Pará, Brasil



10.70073/prod.edt.978-65-83680-00-6/01

RESUMO

Objetivo: Descrever as perdas significativas que pacientes oncológicos vivenciam durante uma hospitalização. **Metodologia:** Trata de uma revisão de literatura narrativa, utilizando como base de dados Periódicos Capes, com delimitação temporal de 05 anos, selecionando-se apenas estudos nacionais, resultando em 09 artigos selecionados para compor a pesquisa. **Resultados e Discussão:** Notou-se que a vivência da internação configura um evento estressor para o paciente oncológico e seus acompanhantes, sendo um momento que suscita inúmeras repercussões físicas, psicológicas e sociais. Diante disso, é essencial que o tratamento contemple as demandas biopsicossociais do paciente, visando promover maior qualidade de vida e bem estar. Para mais, salienta-se a importância da atuação da psicologia neste contexto, que oferecerá suporte emocional ao paciente e seus cuidadores. **Considerações Finais:** Notou-se uma escassez de materiais nacionais sobre o assunto, sugerindo-se a realização de mais pesquisas sobre o tema abordado.

Palavras-Chave: Perdas; Paciente oncológico; Câncer; Hospital; Psicologia.

ABSTRACT

Objective: To describe the significant losses that cancer patients experience during hospitalization. **Methodology:** This is a narrative literature review, using Capes Periodicals as a database, with a time limit of 05 years, selecting only national studies, resulting in 09 articles selected to compose the research. **Results and Discussion:** It was noted that the experience of hospitalization constitutes a stressful event for the cancer patient and their companions, being a moment that gives rise to numerous physical, psychological and social repercussions. Therefore, it is essential that the treatment addresses the patient's biopsychosocial demands, aiming to promote a greater quality of life and well-being. Furthermore, the importance of psychology's role in this context is highlighted, as it will offer emotional support to patients and their caregivers. **Final Considerations:** A shortage of national materials on the subject was noted, suggesting that more research be carried out on the topic covered.

Keywords: Losses; Cancer patient; Cancer; Hospital; Psychology.

RESUMEN

Objetivo: Describir las pérdidas significativas que experimentan los pacientes con cáncer durante la hospitalización. **Metodología:** Se trata de una revisión narrativa de la literatura, utilizando como base de datos las Revistas Capes, con un límite de tiempo de 05 años, seleccionando sólo estudios nacionales, resultando 09 artículos seleccionados para componer la investigación. **Resultados y Discusión:** Se constató que la experiencia de la hospitalización constituye un evento estresante para el paciente oncológico y sus acompañantes, siendo un momento que genera numerosas repercusiones físicas, psicológicas y sociales. Por tanto, es fundamental que el tratamiento aborde las demandas biopsicosociales del paciente, con el objetivo de promover una mayor calidad de vida y bienestar. Además, se destaca la importancia del papel de la psicología en este contexto, ya que ofrecerá apoyo emocional a los pacientes y sus cuidadores. **Consideraciones Finales:** Se observó escasez de materiales nacionales sobre el tema, lo que sugiere que se realicen más investigaciones sobre el tema tratado.

Palabras Clave: Pérdidas; Enfermo de cáncer; Cáncer; Hospital; Psicología.

1. INTRODUÇÃO

O câncer configura em uma doença crônico-degenerativa multifacetada que acomete milhares de indivíduos, podendo gerar impactos significativos no funcionamento habitual da vida do paciente. A pessoa afetada pode experimentar diversos desafios a partir do recebimento do diagnóstico, tais como: dúvidas ou incertezas quanto ao prognóstico; a possibilidade de iniciar tratamentos que podem provocar efeitos colaterais e repercutir em sua qualidade de vida; os estigmas relacionados à doença; e sua repercussão nas relações interpessoais. Assim, nota-se que a vivência com o câncer se apresenta como um processo permeado por diversas dimensões do sofrimento, estando estes relacionados à aspectos físicos, psicológicos e sociais (Danzmann, Silva e Carlesso, 2020; Mendes, 2023; Severino e De Mello, 2020).

Em vista das repercussões que o câncer ou o tratamento oncológico podem gerar ao estado de saúde geral do paciente, as hospitalizações neste contexto se tornam mais propensas. O ambiente hospitalar se apresenta como um local estranho e desconfortável ao sujeito, uma vez que este se percebe longe de sua casa, de sua rede de apoio, sem segurança e conforto, podendo gerar sentimentos de solidão e desamparo. O período de internação pode acarretar num afastamento de sua rotina, de casa, trabalho, familiares e amigos, além de afastamento de atividades prazerosas. A perda da independência e autonomia é comum frente ao processo de hospitalização, podem surgir dificuldades em realizar a própria higiene ou se alimentar sozinho. O sujeito perante seu adoecimento também pode vivenciar a perda de sua identidade, pois outrora era uma pessoa saudável e torna-se o número de um leito.

Além disso, o psíquico e o orgânico são indissociáveis, portanto, uma alteração no corpo também acarreta uma alteração no psiquismo. Nesse sentido, o adoecimento pode suscitar o sentimento de impotência, o que por sua vez pode acarretar num maior retraimento e desinvestimento nas relações interpessoais. No caso de prognósticos não favoráveis, o indivíduo se depara com a sua finitude ou com a possibilidade de deficiências e incapacitações.

Segundo estudo de Alexandre (2011), as perdas são vivenciadas por um indivíduo de diversas formas, pode ser através de crises ou separações, na perda da saúde e limites que a doença impõe ou na passagem de etapas da vida. Perdas e readaptações fazem parte do processo natural de desenvolvimento humano, porém, no contexto oncológico, a perda pode ser vista como um processo de morte em vida.

Posto isto, a atuação da psicologia hospitalar nesse contexto é de grande importância, uma vez que o psicólogo poderá dar ênfase aos aspectos psicoemocionais que surgem no

contexto da hospitalização, uma vez que os demais profissionais da equipe tendem a dar maior atenção aos sintomas orgânicos que o indivíduo apresenta. Para mais, através do trabalho da psicologia hospitalar é possível abordar os conteúdos trazidos por pacientes e familiares, que envolvem os sentimentos e percepção destes perante o adoecimento e internação. Outrossim, o psicólogo também atua junto à equipe multiprofissional no planejamento de planos terapêuticos, além de poder manejar ruídos de comunicação que podem surgir entre pacientes, familiares e a própria equipe.

Com isso, também faz-se necessário salientar a importância da psico-oncologia. Conceituando-se como uma área de interface entre a psicologia e a oncologia, este campo visa promover assistência psicológica integral ao paciente com câncer e sua rede. Dessa forma, busca-se contemplar e valorizar a subjetividade do sujeito dentro do processo saúde-doença, suscitando intervenções multidisciplinares que considerem os aspectos físicos, sociais e emocionais, a fim de possibilitar um tratamento eficaz e eficiente, assim como maior qualidade de vida e bem estar (Severino e De Mello, 2020).

Nesse sentido, nota-se escassez de materiais na literatura nacional que abordem o tema e a atuação da psicologia neste contexto. Dessa forma, o presente trabalho objetivou descrever as perdas vivenciadas por pacientes oncológicos na hospitalização, visando trazer maior atenção às demandas psicoemocionais apresentadas por estes indivíduos, bem como apresentar o que tem sido produzido nacionalmente sobre o tema.

2. MÉTODOS

A metodologia do presente trabalho trata de uma revisão narrativa da literatura, tendo como questão norteadora “Quais as perdas significativas vivenciadas por pacientes oncológicos adultos no contexto da hospitalização?”.

O levantamento bibliográfico foi realizado durante os meses de abril a junho de 2024, utilizando como base de dados revistas do Portal de Periódicos da CAPES relacionadas à psicologia, com o intuito de assegurar a relevância dos dados coletados. Também foram incluídos periódicos da área da saúde que abordassem temas relacionados, para complemento dos dados. Utilizou-se como critério de inclusão estudos publicados na íntegra entre os anos de 2019 a 2024, no idioma português. A identificação dos artigos foi realizada por meio do cruzamento dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): “Psicologia”, “Oncologia”, “Hospital”, “Câncer”, “Luto”, “Perda”, com o operador booleano “AND”.

Para delinear a pesquisa, os artigos pré-selecionados foram analisados a partir dos critérios de inclusão, sendo estes: trabalhos completos que contemplem a temática estudada; e

como exclusão, textos incompletos e materiais que não contribuíssem para a construção do artigo. A partir da seleção dos textos, foi realizada a extração e síntese dos dados relevantes a partir das características do estudo e resultados obtidos.

Na etapa de identificação e elegibilidade, obteve-se como resultado inicial o total de 55 (cinquenta e cinco) artigos. Na etapa de triagem, foram considerados os critérios de inclusão anteriormente citados e efetuado leitura do resumo, em que foram obtidos vinte e seis (26) resultados. Posteriormente, na etapa de seleção, mediante leitura do texto completo, removeram-se 17 (dezessete) artigos devido não atenderem à proposta da pesquisa. Assim, apenas nove (9) foram efetivamente inseridos na revisão.

Para análise dos dados, organizou-se os artigos selecionados em uma matriz, em que as colunas representavam as principais temáticas identificadas (perdas significativas, processos de luto, impactos da hospitalização, dentre outros), e as linhas continham informações de cada artigo (autor, ano de publicação, metodologia utilizada, principais resultados), categorizando-se as pesquisas em três temas principais: perdas significativas na hospitalização, repercussões emocionais e assistência psicológica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percebeu-se uma escassez de estudos que abordassem com detalhes sobre as vivências de pacientes oncológicos em uma hospitalização e as perdas advindas desse contexto, carecendo de mais pesquisas sobre a realidade nacional neste cenário. Diante disso, ressalta-se a relevância deste estudo para a compreensão dessas perdas significativas, assim como as contribuições que os psicólogos hospitalares podem proporcionar nessa circunstância. A síntese das principais informações dos artigos está resumida na Tabela 1.

Tabela 1: Esquematização dos estudos incluídos na pesquisa.

AUTOR E ANO	PERIÓDICO	TÍTULO	PRINCIPAIS RESULTADOS
Bianco <i>et al.</i> , 2020	Psicologia: Ciência e Profissão	Corpo e Finitude: Relato de uma Experiência em Hospital de Câncer	O artigo trata da experiência do Grupo de Trabalho (GT) Corpo e Finitude. O GT, multidisciplinar e interinstitucional. Conclui que a experiência tem incidência sobre o próprio profissional e sobre os pacientes e colegas de equipe. Dentre os importantes efeitos, encontra-se a possibilidade de dar voz ao sujeito e seu desejo, retirando-o da função de mero distribuidor de serviços.

Sousa, Vieira e Catani, 2020	Conversas em Psicologia	Luto antecipatório em pacientes com micose fungóide	A discussão buscou articular os momentos pelos quais os pacientes estão vivendo as fases do luto de Kubler-Ross. Na presença das fases do luto foi possível observar mais de uma fase concomitante. No que se refere aos mecanismos de defesa, um movimento semelhante também ocorreu. Na utilização destes recursos psíquicos constatou-se a vivência do luto antecipatório.
Oliveira <i>et al.</i> , 2021	ID Online: Revista de psicologia	Psicólogo hospitalar: desafios e possibilidades do manejo frente ao paciente oncológico diante do contexto de pandemia (Covid-19)	A atuação da Psicologia junto ao paciente oncológico, seus familiares e a equipe, no contexto da pandemia, se faz essencial, oferecendo suporte durante todo o processo do adoecimento.
Ferreira e Lima, 2022	Pluralidades em Saúde Mental	Vivências de Pacientes Durante e Após o Tratamento de Câncer: Relato de Experiência Profissional em Psicologia em um Ambulatório de Onco-hematologia	O diagnóstico e o adoecimento por câncer geram mudanças significativas na vida do paciente e sua rede, repercutindo em sua saúde física e mental. A vivência desse momento é singular e influenciada por diversos fatores. O papel da psicologia possibilita um espaço de escuta e acolhimento durante e após o tratamento.
Dias e Nunes, 2022	Psicologia e Saúde	O Sentido da Vida após o Diagnóstico de Câncer Hematológico	O diagnóstico do câncer, a internação e o tratamento da doença acarretam em impactos negativos à saúde física e mental do paciente.
Cruz <i>et al.</i> , 2023	Brazilian Journal of Development	Cuidados paliativos ao paciente oncológico atendido pela equipe multiprofissional	A equipe multiprofissional vivencia dilemas éticos diante pacientes oncológicos em cuidados paliativos, os quais apresentam demandas que suscitam um cuidado individual e humanizado, suscitando maior capacitação destes profissionais para uma assistência adequada e eficaz.
Nascimento, Santos e Costa, 2023	DEMETRA: Alimentação, Nutrição e Saúde	Alimentação por sonda e gastrostomia no câncer avançado: indicação, vivências, sentidos e significados	A maioria dos pacientes e cuidadores abordou a evolução da doença e a participação na decisão da via alimentar alternativa. Como sentidos da alimentação: qualidade de vida, conforto, vida e esperança. Dessa forma, a nutrição artificial é ressignificada como a nova alimentação possível, apresentando também aspectos simbólicos, além da função biológica.
Silva, Almeida e Corrêa, 2023	Psicologia: Ciência e Profissão	O Mundo Privado na UTI: Análise da Internação de Pacientes Oncológicos	A experiência de internação pode ser afetada, favorável ou desfavoravelmente, pelo conjunto de regras que o paciente traz consigo acerca do que é a UTI. Além disso, os estímulos aversivos existentes nesse ambiente podem ser atenuados pela presença da família e por uma relação acolhedora e sensível com a equipe de saúde.

Pinheiro, 2024	Research, Society and Development	Psicologia hospitalar e cuidados paliativos em pacientes oncológicos	A psicologia e a equipe multiprofissional atuam com o paciente oncológico em cuidados paliativos visando alívio dos sintomas físicos e emocionais, a fim de propiciar um maior bem estar e qualidade de vida na morte.
----------------	-----------------------------------	--	--

Fonte: Autoras, 2024.

Para facilitar a compreensão dos dados obtidos nesta pesquisa, os resultados e a discussão foram divididos em dois tópicos: “As perdas vivenciadas pelos pacientes oncológicos hospitalizados” e “A assistência psicológica no contexto da hospitalização”.

3.1 As perdas vivenciadas pelos pacientes oncológicos hospitalizados

Percebe-se que, no contexto da hospitalização, há grande incidência de comunicações de más notícias ao paciente e sua família, gerando importante sofrimento psíquico no sujeito e sua rede. Em uma pesquisa realizada com pacientes que foram diagnosticados com câncer durante a internação, notou-se que a notícia do diagnóstico se apresentou como um evento inesperado que gerou importantes repercussões emocionais nos sujeitos. Considerando que o câncer envolve um adoecimento crônico, o diagnóstico representa uma ruptura permanente no funcionamento habitual da vida do paciente, que a partir daquele momento se depara com a perda da sua rotina diária anterior à doença e inserido em um ambiente considerado novo e hostil (Dias e Nunes, 2022).

Dessa forma, os indivíduos podem apresentar diferentes reações e sentimentos diante à vivência da hospitalização. Dias e Nunes (2022) apontam que a perda da privacidade dos pacientes é característica do ambiente hospitalar, tendo em vista que o sujeito passa a seguir a rotina estabelecida pela instituição e equipe de assistência, compartilhando o quarto e banheiro com outros pacientes, realizando exames, medicações ou outras terapêuticas em horários diversos, gerando sentimentos de constrangimento e desconforto nos indivíduos.

Para mais, nota-se que o comprometimento da saúde na hospitalização também mobiliza emocionalmente o paciente oncológico. A depender do estado geral de saúde do indivíduo, este pode sentir com frequência sensação de mal estar, enjoo, sonolência, falta de apetite, fraqueza, cansaço, dores, dentre outros. Diante o comprometimento das habilidades físicas ou cognitivas, o paciente pode necessitar do suporte de terceiros para a realização de atividades diárias que antes conseguia realizar sozinho, assim como precisar fazer uso permanente de dispositivos (sondas, bolsas), o que pode suscitar sentimentos de perda diante a saúde que um dia tivera, de sua autonomia e independência (Ferreira e Lima, 2022).

Ademais, o estudo de Silva, Almeida e Corrêa (2023) aborda sobre a rotina dos pacientes oncológicos na internação em uma UTI, onde estes sujeitos se deparam com um ambiente ainda mais hostil e assustador, pois em diversas instituições não é permitida a permanência de acompanhantes. Assim, além de vivenciar medidas invasivas e desconfortáveis, esses pacientes ainda precisam lidar com a limitação em sua comunicação, a sensação de abandono ou isolamento, além das demais privações que os pacientes podem experimentar neste ambiente.

Bianco *et al.* (2020), trazem em seu estudo sobre a experiência do Grupo de Trabalho (GT) sobre Corpo e Finitude. O GT multidisciplinar e interinstitucional aborda sobre temas como: a dor vivenciada pelos pacientes como um dano ao seu corpo; a necessidade de construir uma realidade pautada nas limitações que advêm com o adoecimento, além da relação dos pacientes oncológicos com sua imagem corporal afetada devido o próprio adoecimento e os procedimentos no qual são submetidos, como cirurgias de retirada ou amputação de membros, necessidade de uso de bolsas de ostomias, entre outros.

Por conseguinte, Sousa, Vieira e Catani (2020) também discorrem sobre essas alterações na rotina e impacto na autoestima devido às mudanças na aparência de pacientes oncológicos. O impacto no trabalho, nos estudos e nos relacionamentos é algo vivenciado por estes sujeitos, o adoecimento pode provocar mudanças significativas em projetos pessoais do paciente a curto, médio e longo prazo.

Ademais, Nascimento, Santos e Costa (2023) explanam em seu estudo sobre como pacientes com câncer avançado experienciam a alimentação. A maioria dos pacientes e cuidadores abordaram sobre a evolução da doença e a participação na decisão da via alimentar alternativa, onde seja realizada uma comunicação empática com estes atores, de modo que desmistifique os receios em torno de uma nova forma de se alimentar. No estudo é possível observar a alimentação como uma atividade com significados e importância para o meio social e cultural do indivíduo, para além de apenas uma forma de nutrição. A diminuição da autonomia e dificuldades ou impossibilidades de comer pela boca revela a angústia que pacientes oncológicos em estágio avançado da doença podem vivenciar, como a alimentação sem prazer ou como fonte apenas de sobrevivência através de sondas e/ou ostomias.

3.2 A assistência psicológica no contexto da hospitalização

No âmbito hospitalar, faz-se necessário que a equipe multiprofissional promova um tratamento integral, sintonizado e humanizado ao paciente oncológico e sua rede social. Nesse contexto, destaca-se aqui a atuação da Psicologia Hospitalar, que visa a promoção de saúde

mental e qualidade de vida ao paciente hospitalizado, atuando também com seus familiares e a equipe multidisciplinar envolvida no processo (Oliveira *et al.*, 2021; Pinheiro, 2024).

Considerando as diversas perdas vivenciadas pelo paciente ao ser hospitalizado, o psicólogo hospitalar poderá possibilitar um espaço acolhedor e seguro para que o sujeito possa expressar seus reais sentimentos e pensamentos frente ao contexto vivenciado. Nesse sentido, a escuta ativa e qualificada à fala do indivíduo se faz essencial para o rastreio das demandas que estão gerando sofrimento psíquico, em que, a partir dessa análise, pode-se realizar intervenções que possibilitem alívio emocional e maior bem estar na hospitalização, assim como práticas multidisciplinares que contemplem a subjetividade do sujeito como um todo (Cruz *et al.*, 2023; Pinheiro, 2024).

É importante, também, que o atendimento psicológico seja oferecido ao paciente durante todo o seu percurso na hospitalização, tendo em vista que durante a internação diversas situações estressoras podem ocorrer, sendo necessário um acompanhamento contínuo para manejar os sentimentos adversos que podem surgir, assim como auxiliar na resolução dos problemas. Segundo Oliveira *et al.* (2021), as intervenções psicológicas junto aos pacientes possibilitam significativas melhorias na saúde mental dos pacientes, tais como: redução de estresse, melhoria do humor, minimização de quadros de ansiedade, maior qualidade de vida e bem estar.

Para além do acolhimento ao paciente, o psicólogo poderá estruturar um plano terapêutico singular que assista às necessidades do indivíduo e estabelecer estratégias de enfrentamento ao adoecimento e hospitalização, visando melhor adaptação à vivência com o câncer e ao ambiente hospitalar (Oliveira *et al.*, 2021).

Durante a hospitalização também podem ocorrer intervenções psicológicas relacionadas à terminalidade da vida do paciente. Nesse contexto, é importante que o psicólogo busque assegurar a qualidade de morte do indivíduo garantindo o respeito à sua autonomia e necessidades. Aos cuidadores é oferecido suporte emocional e facilitado o início de um processo de luto antecipatório, assim como incentivado que estes também participem do tratamento por meio do conhecimento sobre o estado geral de saúde do indivíduo e sinalizando à equipe as dúvidas que podem surgir (Cruz *et al.*, 2023).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou contribuir com dados atualizados sobre a vivência de pacientes oncológicos hospitalizados, detalhando sobre as perdas significativas que o sujeito e sua rede social podem vivenciar durante a internação, assim como as repercussões emocionais

advindas desse contexto. Para mais, buscou-se abordar a atuação da psicologia hospitalar frente ao sofrimento psíquico destes indivíduos, contemplando a complexidade e singularidade deste tema.

Em síntese, os pacientes oncológicos vivenciam perdas significativas que perpassam âmbitos físicos, psicológicos e sociais. A vivência de uma doença ameaçadora à vida traz à tona a necessidade de uma completa mudança de rotina e a quebra de diversos papéis sociais desempenhados por este sujeito. Mudanças físicas que podem trazer impactos significativos à autoimagem, repercussões psíquicas diante do afastamento de atividades, além do distanciamento de familiares ou amigos podem ser apenas algumas das perdas vivenciadas por pacientes oncológicos.

Diante disso, os estudos também abordam a importância de um cuidado integral ao paciente que abarque não somente o controle de seus sintomas físicos, mas que envolva também as múltiplas facetas da vida do sujeito. Além de abordar a importância da atuação da psicologia hospitalar, que se faz presente neste contexto, atuando de modo que abarque a visão holística do paciente oncológico.

Enquanto limitações de pesquisa aponta-se a escassez de materiais científicos que abordassem as temáticas apontadas no estudo, dificultando a replicação dos dados encontrados e o embasamento da discussão.

Por fim, salienta-se a importância de mais pesquisas sobre a vivência de pacientes oncológicos no contexto da hospitalização, tanto para contribuir ao aprimoramento teórico dos psicólogos quanto para a construção de maiores dados científicos relevantes.

DECLARAÇÃO DE INTERESSES

Nós, autores deste artigo, declaramos que não possuímos conflitos de interesses de ordem financeira, comercial, político, acadêmico e pessoal.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, J. R. **Mortes simbólicas no hospital: as perdas relacionadas ao adoecimento**. Programa de aprimoramento profissional/SES. HSPE - IAMSPE. São Paulo. 2011.

BIANCO, A. C. L. *et al.* Corpo e Finitude: Relato de uma Experiência em Hospital de Câncer. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 40, p. e213764, 2020.

CRUZ, D. B. B. *et al.* Cuidados paliativos ao paciente oncológico atendido pela equipe multiprofissional. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 4, p. 13821–13832, 2023.

DANZMANN, P. S.; SILVA, A. C. P.; CARLESSO, J. P. P. Psico-oncologia e amparo a pacientes com câncer: uma revisão de literatura. **Psicologia e Saúde em Debate**, v. 6, n. 1, p. 244–255, 2020.

DIAS, D. C. S.; NUNES, M. C. A. O Sentido da Vida após o Diagnóstico de Câncer Hematológico. **Revista Psicologia e Saúde**, v. 14, n. 4, p. 167–180, 2022.

FERREIRA, V. S.; LIMA, I. L. B. Vivências de pacientes durante e após o tratamento de câncer: relato de experiência profissional em Psicologia em um ambulatório de Onco-Hematologia. **Revista PsicoFAE: Pluralidades em Saúde Mental**, v. 11, n. 2, p. 94–107, 2022.

MENDES, A. F. F. **Vidas interrompidas. Impacto social da doença oncológica em adolescentes e jovens adultos**. Mestrado em Sociologia. Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Portugal, 2023.

NASCIMENTO, S. B.; SANTOS, R. S.; COSTA, M. F. Alimentação por sonda e gastrostomia no câncer avançado: indicação, vivências, sentidos e significados. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, [S. l.], v. 18, p. e66420, 2023.

OLIVEIRA, C. J. O. *et al.* Psicólogo hospitalar: desafios e possibilidades do manejo frente ao paciente oncológico diante do contexto de pandemia (Covid-19). **Id on Line Revista Multidisciplinar de Psicologia**, v. 15, n. 56, p. 225-240, 2021.

PINHEIRO, P. B. Psicologia hospitalar e cuidados paliativos em pacientes oncológicos. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 13, n. 3, e1913345172, 2024.

SEVERINO, S. P. E.; DE MELLO, A. M. C. A atuação do Psicólogo junto aos familiares e ao paciente oncológico. **Revista Mosaico**, v. 11, n. 1, p. 93–99, 2020.

SILVA, J. D. S.; ALMEIDA, V. C.; CORRÊA, E. A. O Mundo Privado na UTI: Análise da Internação de Pacientes Oncológicos. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 43, p. e255152, 2023.

SOUSA, D. B.; VIEIRA, M. V. S.; CATANI, J. Luto antecipatório em pacientes com micose fungóide. **Revista Conversas em Psicologia**, v. 1, n. 1, jan./jun. 2020.

O PAPEL DA TIREOGLOBULINA SÉRICA NO CÂNCER DIFERENCIADO DE TIREOIDE: REVISÃO DE LITERATURA

THE ROLE OF SERUM THYROGLOBULIN IN DIFFERENTIATED THYROID
CANCER: A LITERATURE REVIEW

EL PAPEL DE LA TIROGLOBULINA SÉRICA EN EL CÁNCER DIFERENCIADO DE
TIROIDES: REVISIÓN DE LA LITERATURA

DATA DE SUBMISSÃO: 03/08/2025 | DATA DE ACEITE: 16/08/2025 | DATA DE PUBLICAÇÃO: 17/09/2025

GENILDA MEIRELES NOGUEIRA¹
OLIVIA MARIA DA SILVA AMORIM²
NATÁLIA ALVAREZ TELES DE SOUZA³
JANDSON MORAIS BENIZ⁴
THIAGO CESAR GOMES DA SILVA⁵
INARA DE JESUS BOMFIM⁶
EVANILDA SILVA BISPO⁷
VANESSA LUCÍA PADILLA LEAÑOS⁸
IVANI RAMOS DO CARMO⁹
ELISABETE SOARES DE SANTANA¹⁰

¹Enfermeira pelo Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), Especialista em Cardiologia e Hemodinâmica e Estomaterapia. Brasília, DF, Brasil.

²Pós Graduada em Fisioterapia em Terapia Intensiva pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA). Teresina, PI, Brasil.

³Médica pelo Centro Universitário Lusíadas (UNILUS). Santos, SP, Brasil

⁴Médico pela Faculdade de Medicina Ciências Médicas (FAMENE). João Pessoa, PB, Brasil.

⁵Graduado em Enfermagem, Pós Graduado em Urgência, Emergência e UTI pela Faculdade de Integração do Sertão, Estomaterapia pela Faculdade Estácio. Recife, PE, Brasil.

⁶Graduanda em Odontologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Salvador, BA, Brasil.

⁷Enfermeira pela Faculdade Tecnologia e Ciências (FTC). Pós Graduação em Enfermagem Obstétrica. Jequié, Bahia, Salvador.

⁸Graduada em Medicina pela Universidade Autônoma Gabriel René Moreno. São Paulo, SP, Brasil.

⁹Doutoranda em Ensino de Ciências pela Universidade Cruzeiro do Sul (Unicsul). São Paulo, Brasil.

¹⁰Farmacêutica pela Faculdade Santíssima Trindade (FAST), Mestranda em Ciência de Materiais pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife, PE, Brasil.



10.70073/prod.edt.978-65-83680-00-6/02

RESUMO

Objetivo: Analisar, por meio de revisão de literatura científica atualizada, o papel da tireoglobulina sérica no monitoramento do câncer diferenciado de tireoide. **Métodos:** Realizou-se uma revisão de literatura entre abril e junho de 2025 nas bases PubMed, MedLine, Scopus e Cochrane Library, usando os descritores “Thyroglobulin”, “Differentiated Thyroid Cancer” e “Serum Marker”. Foram incluídos artigos de 2021 a 2025, em português, inglês e espanhol, sobre tireoglobulina sérica como marcador tumoral, com seleção de estudos por títulos, resumos e textos completos, conforme PRISMA. **Resultados e Discussão:** Foram selecionados 13 estudos que evidenciaram a tireoglobulina sérica como marcador sensível para detecção precoce de recidivas e avaliação da resposta terapêutica. Destaca-se que anticorpos antitireoglobulina podem comprometer a precisão dos resultados, sendo necessária a associação com exames de imagem. Apesar da heterogeneidade metodológica, há consenso sobre a importância clínica da tireoglobulina no acompanhamento dos pacientes, com avanços genéticos e moleculares favorecendo o monitoramento personalizado e o uso racional de recursos em saúde. **Conclusão:** A tireoglobulina sérica é um marcador fundamental no acompanhamento do câncer diferenciado de tireoide, cuja aplicação integrada e padronizada melhora o manejo clínico e prognóstico. Futuras pesquisas devem focar na padronização dos protocolos e na ampliação da sensibilidade dos métodos laboratoriais para aprimorar a eficácia clínica.

Palavras-Chave: Câncer; Marcador Tumoral; Monitoramento; Tireoide; Tireoglobulina sérica.

ABSTRACT

Objective: To analyze, through an updated literature review, the role of serum thyroglobulin in the monitoring of differentiated thyroid cancer. **Methods:** A literature review was conducted between April and June 2025 in the PubMed, MedLine, Scopus, and Cochrane Library databases, using the descriptors “Thyroglobulin,” “Differentiated Thyroid Cancer,” and “Serum Marker.” Articles published between 2021 and 2025, in Portuguese, English, and Spanish, addressing serum thyroglobulin as a tumor marker were included. Studies were selected based on titles, abstracts, and full texts, following PRISMA guidelines. **Results and Discussion:** Thirteen studies were selected, demonstrating that serum thyroglobulin is a sensitive marker for the early detection of recurrences and for assessing therapeutic response. It is noteworthy that antithyroglobulin antibodies may compromise result accuracy, requiring complementary imaging tests. Despite methodological heterogeneity, there is consensus on the clinical importance of thyroglobulin in patient follow-up, with genetic and molecular advances supporting personalized monitoring and the rational use of healthcare resources. **Conclusion:** Serum thyroglobulin is a key marker in the follow-up of differentiated thyroid cancer, and its integrated and standardized application improves clinical management and prognosis. Future research should focus on standardizing protocols and enhancing the sensitivity of laboratory methods to improve clinical effectiveness.

Keywords: Cancer; Tumor Marker; Monitoring; Thyroid; Serum Thyroglobulin.

RESUMEN

Objetivo: Analizar, mediante una revisión actualizada de la literatura científica, el papel de la tiroglobulina sérica en el seguimiento del cáncer diferenciado de tiroides. **Métodos:** Se realizó una revisión de la literatura entre abril y junio de 2025 en las bases de datos PubMed, MedLine, Scopus y Cochrane Library, utilizando los descriptores “Thyroglobulin”, “Differentiated Thyroid Cancer” y “Serum Marker”. Se incluyeron artículos publicados entre 2021 y 2025, en portugués, inglés y español, sobre la tiroglobulina sérica como marcador tumoral. Los estudios fueron seleccionados a partir de títulos, resúmenes y textos completos, siguiendo las directrices PRISMA. **Resultados y Discusión:** Se seleccionaron 13 estudios que evidenciaron que la tiroglobulina sérica es un marcador sensible para la detección temprana de recurrencias y para la evaluación de la respuesta terapéutica. Cabe destacar que los anticuerpos antitiroglobulina pueden comprometer la precisión de los resultados, siendo necesaria su asociación con pruebas de imagen. A pesar de la heterogeneidad metodológica, existe consenso sobre la importancia clínica de la tiroglobulina en el seguimiento de los pacientes, con avances genéticos y moleculares que favorecen un monitoreo personalizado y el uso racional de los recursos en salud. **Conclusión:** La tiroglobulina sérica es un marcador fundamental en el seguimiento del cáncer diferenciado de tiroides, cuya aplicación integrada y estandarizada mejora el manejo clínico y el pronóstico. Futuras investigaciones deben centrarse en la estandarización de los protocolos y en ampliar la sensibilidad de los métodos de laboratorio para optimizar la eficacia clínica.

Palabras Clave: Cáncer; Marcador Tumoral; Monitoreo; Tiroides; Tiroglobulina sérica.

1. INTRODUÇÃO

O câncer diferenciado de tireoide (CDT) representa a forma mais prevalente entre os tumores malignos dessa glândula endócrina, sendo composto principalmente pelos carcinomas papilífero e folicular. Essa neoplasia tem se tornado cada vez mais incidente nas últimas décadas, fenômeno atribuído, em parte, ao avanço das técnicas de imagem e à detecção de nódulos tireoidianos pequenos e indolentes.

Apesar disso, o CDT mantém-se como uma neoplasia de bom prognóstico na maioria dos casos, com altas taxas de sobrevida a longo prazo, especialmente quando diagnosticado precocemente e adequadamente tratado (Almeida *et al.*, 2023). O acompanhamento de pacientes com CDT após a cirurgia e, eventualmente, ablação com iodo radioativo, requer monitoramento rigoroso e, nesse cenário, a dosagem de tireoglobulina sérica emerge como uma ferramenta central na vigilância da recorrência ou persistência tumoral.

A tireoglobulina (Tg) é uma glicoproteína de grande peso molecular produzida pelas células foliculares tireoidianas, inclusive por células neoplásicas bem diferenciadas. Após a tireoidectomia total, especialmente quando complementada por ablação com radioiodo, a expectativa é que os níveis de Tg sejam indetectáveis ou extremamente baixos. O aumento de seus níveis em pacientes sem parênquima tireoidiano remanescente funcional pode sinalizar a presença de tecido tireoidiano residual benigno, carcinoma persistente ou recidivante. Essa característica confere à Tg um valor prognóstico e preditivo, tornando-se, assim, um marcador tumoral fundamental no seguimento de pacientes com CDT (Alves *et al.*, 2024).

A sensibilidade e especificidade da Tg como marcador dependem de fatores técnicos e imunológicos que podem interferir na sua interpretação. Um dos principais interferentes é a presença de anticorpos antitireoglobulina (anti-Tg), os quais podem se ligar à proteína e alterar sua detecção pelos métodos imunométricos convencionais. Barreno *et al.* (2022) observaram que até 25% dos pacientes com CDT apresentam anti-Tg detectáveis, o que compromete a acurácia da Tg sérica e requer o uso de outros métodos complementares, como exames de imagem ou a vigilância por marcadores indiretos. Além disso, a heterogeneidade dos ensaios laboratoriais utilizados, especialmente entre diferentes plataformas analíticas, também representa um desafio para a padronização da Tg como ferramenta diagnóstica universal.

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos no desenvolvimento de ensaios de ultra-sensibilidade permitiram a dosagem da Tg em níveis extremamente baixos, mesmo na ausência de estímulo com Hormônio Estimulante da Tireoide (TSH) e o exógeno. A detecção basal da Tg, sem suspensão da levotiroxina ou administração de TSH recombinante, tem

mostrado elevada sensibilidade em pacientes de baixo risco, evitando os efeitos adversos associados ao hipotireoidismo induzido ou à utilização de hormônio exógeno (Rocha *et al.*, 2021). Essa mudança de paradigma tem contribuído para uma abordagem mais individualizada e menos invasiva no acompanhamento dos pacientes, reduzindo custos, tempo de afastamento e impacto sobre a qualidade de vida.

Ainda que a Tg sérica tenha papel central no monitoramento do CDT, sua utilização isolada não é suficiente para uma avaliação abrangente. A interpretação dos valores deve ser contextualizada com os achados clínicos e radiológicos, bem como com a estratificação do risco inicial e dinâmico. A *American Thyroid Association* (ATA), em suas diretrizes atualizadas, propõe uma abordagem baseada em resposta à terapia, na qual a Tg é considerada um dos pilares, mas acompanhada de ultrassonografia cervical e, em casos selecionados, tomografia, PET-CT ou cintilografia com radioiodo (Zhang *et al.*, 2025). Essa abordagem integrada busca refinar o prognóstico e otimizar o seguimento, evitando tanto intervenções desnecessárias quanto falhas no diagnóstico de recidivas precoces.

Assim, compreender os fatores que influenciam a produção, detecção e interpretação da tireoglobulina é essencial para a prática clínica eficaz. A utilização da Tg deve ser guiada por critérios técnicos rigorosos, considerando limitações laboratoriais, variabilidades individuais e o contexto clínico do paciente (Silva *et al.*, 2022). Dessa forma, sua aplicação no manejo do CDT torna-se uma ferramenta poderosa quando inserida em um modelo de acompanhamento multidimensional, que valoriza não apenas os dados laboratoriais, mas também a evolução clínica e os exames complementares. O conhecimento acumulado sobre essa glicoproteína continua a evoluir, refletindo-se em diretrizes mais precisas e em uma medicina mais personalizada.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo analisar o papel da tireoglobulina sérica no monitoramento do câncer diferenciado de tireoide, considerando sua relevância como marcador tumoral, suas limitações diagnósticas e os avanços tecnológicos que afetam sua sensibilidade e especificidade.

2. MÉTODOS

Estudo do tipo revisão de literatura, desenvolvido entre abril e junho de 2025, com a finalidade de identificar, analisar e sintetizar a evidência científica disponível sobre o papel da tireoglobulina sérica no câncer diferenciado de tireoide, especialmente no que se refere à sua eficácia como marcador tumoral no acompanhamento clínico de pacientes submetidos a tratamento oncológico. Tal abordagem justifica-se pela relevância clínica da tireoglobulina

(Tg) na prática endocrinológica e oncológica, considerando sua especificidade para tecidos tireoidianos e seu potencial em indicar recidiva, persistência da doença ou resposta completa ao tratamento (Galvão, Pansani e Harrad, 2015).

A metodologia utilizada seguiu rigorosamente as etapas propostas por Galvão, Pansani e Harrad (2015) e pelo Instituto Joanna Briggs (JBI, 2022), reconhecidas por sua aplicabilidade em revisões sistemáticas e integrativas: 1) formulação da questão de pesquisa, com definição clara do objeto de estudo e dos objetivos específicos; 2) identificação dos estudos relevantes, por meio de busca estruturada em bases de dados eletrônicas reconhecidas internacionalmente; 3) seleção criteriosa dos estudos, com aplicação de critérios de inclusão e exclusão previamente definidos; 4) extração dos dados essenciais dos artigos selecionados, como delineamento metodológico, população estudada, intervenções, resultados e conclusões; 5) análise crítica e síntese interpretativa dos achados, permitindo a identificação de consensos, controvérsias e lacunas existentes na literatura científica.

A estruturação do objeto de estudo foi orientada pela estratégia PICO, conforme sugerido por Santos, Pimenta e Nobre (2007), a qual possibilita uma delimitação mais precisa da problemática e facilita a elaboração de estratégias de busca. Assim, definiu-se: **P (População)**: pacientes com diagnóstico de câncer diferenciado de tireoide; **I (Intervenção)**: utilização da dosagem de tireoglobulina sérica como ferramenta de monitoramento clínico; **Co (Contexto)**: métodos diagnósticos alternativos ou complementares, como exames de imagem e outros marcadores tumorais e a eficácia na detecção de recorrência, avaliação da resposta terapêutica e condução do seguimento clínico. A partir desses parâmetros, a questão norteadora formulada foi: “Qual a efetividade da tireoglobulina sérica como marcador no seguimento de pacientes com câncer diferenciado de tireoide?”

A busca dos estudos foi realizada nas bases de dados científicas PubMed, Medline e Cochrane Library, amplamente reconhecidas pela qualidade e relevância de seus periódicos indexados. A construção da estratégia de busca envolveu a definição de descritores controlados e sinônimos em inglês, obtidos por meio do DeCS/MeSH na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), com base nos objetivos da pesquisa e na questão PICo. Após testes e refinamentos, foram utilizados os seguintes termos com operadores booleanos: *(Thyroglobulin) AND (Differentiated Thyroid Cancer) AND (Serum Marker OR Tumor Marker)*. Para complementar a busca e verificar a existência de literatura cinzenta ou artigos não indexados nas bases tradicionais, realizaram-se buscas adicionais no Google Acadêmico, utilizando os mesmos descritores e critérios metodológicos.

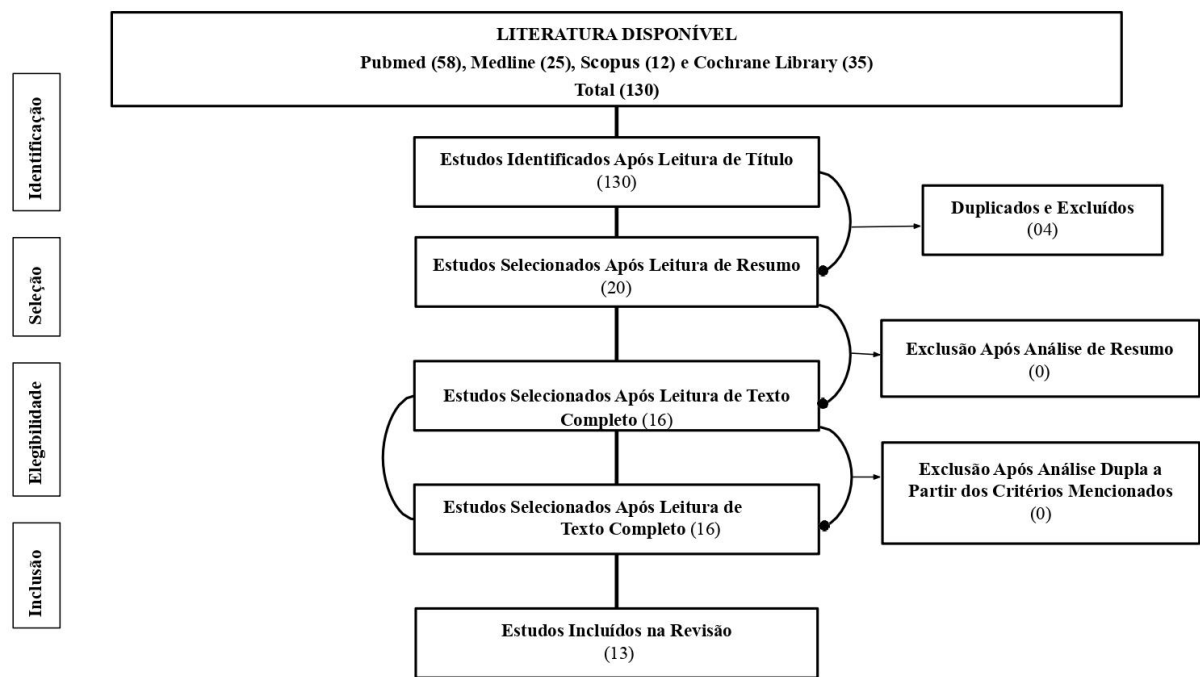
A etapa de seleção e triagem dos estudos foi baseada no modelo adaptado do fluxograma PRISMA proposto por Galvão, Pansani e Harrad (2015), dividido em quatro subetapas: **1) Identificação:** Os estudos foram localizados por meio das estratégias de busca nas bases mencionadas; **2) Seleção:** Realizou-se a leitura dos títulos e resumos para identificar os estudos potencialmente elegíveis; **3) Elegibilidade:** Os textos completos foram avaliados conforme os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos; **4) Inclusão:** Os estudos que atenderam aos critérios metodológicos e temáticos foram integrados à análise. O processo contou com a participação do autor e de dois revisores independentes, de modo a assegurar a validade e a imparcialidade da seleção.

Os critérios de inclusão foram definidos para garantir a relevância e atualidade da revisão, abrangendo artigos científicos publicados nos últimos cinco anos (entre 2021 e 2025), disponíveis em texto completo, nos idiomas português, inglês ou espanhol, e que abordassem de forma direta a utilização da tireoglobulina sérica como marcador no acompanhamento do câncer diferenciado de tireoide. Foram excluídos estudos que não tratavam diretamente do marcador em questão, trabalhos voltados exclusivamente à cirurgia ou à radioiodoterapia sem análise bioquímica da Tg, publicações com desenhos metodológicos inadequados à pergunta de pesquisa, revisões sem rigor científico e artigos duplicados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PRISMA apresenta o fluxo de seleção de estudos para uma revisão de literatura. Inicialmente, foram identificados 130 estudos nas bases de dados MedLine (25), PubMed (58), Scopus (12) e Cochrane Library (35), considerando publicações disponíveis até julho de 2025. Após a leitura dos títulos, 20 estudos foram considerados potencialmente relevantes. Em seguida, quatro estudos duplicados foram excluídos, totalizando 16 trabalhos únicos. Na triagem dos resumos, três estudos foram descartados por não atenderem aos critérios de elegibilidade, resultando em 13 artigos selecionados para leitura na íntegra. O processo pode ser acompanhado na Figura 1, Fluxograma PRISMA, contendo o Processo de Seleção de Estudos da Revisão.

Figura 1. Fluxograma do Processo de Seleção de Estudos da Revisão



Fonte: Autores, 2025.

Durante a leitura completa dos textos, os 13 estudos foram avaliados minuciosamente pelo primeiro revisor, que considerou todos adequados em termos de relevância e rigor metodológico. Posteriormente, o segundo revisor corroborou a inclusão dos mesmos 13 estudos, sem registrar discordâncias ou exclusões adicionais, o que confirma a robustez e a concordância do processo de avaliação. Dessa forma, os 13 artigos foram integralmente incluídos na presente revisão de literatura.

Esses estudos abordam o uso da tireoglobulina sérica como marcador biológico fundamental no acompanhamento do câncer diferenciado de tireoide, com ênfase em sua utilidade na detecção precoce de recidivas, no monitoramento da resposta terapêutica e na avaliação da doença residual. Os resultados apontam que níveis persistentemente detectáveis ou elevados de tireoglobulina após o tratamento estão fortemente associados a maior risco de recorrência tumoral e pior prognóstico, reforçando sua relevância clínica no seguimento a longo prazo desses pacientes (Garrett *et al.*, 2023).

Além disso, a análise dos estudos revelou uma tendência crescente na utilização da tireoglobulina como parâmetro padrão em protocolos clínicos, especialmente após tireoidectomia total e radioiodoterapia. Muitos estudos destacaram que a dosagem seriada da tireoglobulina permite detectar alterações precoces antes mesmo de manifestações clínicas ou alterações em exames de imagem. No entanto, os autores também alertam para interferências

como a presença de anticorpos antitireoglobulina, que podem mascarar os valores reais e comprometer a interpretação laboratorial (Ferreira e Sá 2025).

Por fim, observou-se uma considerável heterogeneidade metodológica entre os estudos incluídos, com variações nos critérios de inclusão, tempo de seguimento e técnicas laboratoriais empregadas na dosagem da tireoglobulina. Apesar dessas diferenças, os resultados convergem para a consolidação da tireoglobulina sérica como um marcador altamente sensível e específico no contexto do câncer diferenciado de tireoide (Bartolomei *et al.*, 2024) Dessa forma, a literatura atual sustenta seu papel como ferramenta essencial para a estratificação de risco, o planejamento terapêutico e o acompanhamento individualizado dos pacientes.

A tireoglobulina sérica é amplamente reconhecida como um marcador fundamental no acompanhamento do câncer diferenciado de tireoide, especialmente para a detecção precoce de recidivas. Conforme Goularte (2022), a monitorização seriada da tireoglobulina após tireoidectomia total e ablação radioativa é uma ferramenta sensível para identificar doença residual, permitindo intervenções terapêuticas oportunas. Esse uso consolidado reforça a importância clínica da tireoglobulina no contexto oncológico-endocrinológico, auxiliando no manejo pós-tratamento e na avaliação da resposta terapêutica.

Contudo, a interpretação dos níveis de tireoglobulina pode ser dificultada pela presença de anticorpos antitireoglobulina, que interferem na exatidão dos resultados laboratoriais. Segundo Sousa *et al.* (2025) destacam que esses anticorpos são encontrados em uma proporção significativa dos pacientes, comprometendo a confiabilidade da dosagem e exigindo métodos complementares para avaliação adequada. Zocche e Pescador (2023) reforçam a necessidade de abordagens integradas, combinando exames laboratoriais com técnicas de imagem para garantir precisão diagnóstica.

Outro aspecto relevante refere-se à heterogeneidade metodológica observada entre os estudos analisados, que dificulta a padronização dos protocolos para o uso da tireoglobulina como marcador universal. Zulkeflee *et al.* (2022) apontam variações na sensibilidade dos ensaios laboratoriais e nos critérios de inclusão dos participantes como principais desafios. Mesmo com essas diferenças, a maioria das pesquisas concorda quanto à relevância do marcador, embora enfatize a importância de diretrizes uniformes para sua aplicação clínica segura e eficaz.

Além disso, a tireoglobulina deve ser considerada como parte de uma abordagem multidisciplinar, associada a exames clínicos e de imagem para maior acurácia diagnóstica. Almeida (2023) mostram que a combinação da dosagem sérica com ultrassonografia cervical

aumenta a detecção de recidivas, possibilitando decisões terapêuticas mais precisas. Essa integração de dados é fundamental para o manejo individualizado do paciente, refletindo avanços no cuidado oncológico.

Pesquisas recentes indicam também a influência de fatores genéticos e moleculares na expressão e secreção da tireoglobulina, afetando seus níveis séricos. Barreno *et al.* (2022) discutem que essas variáveis podem modificar a interpretação dos resultados, apontando para um cenário de medicina personalizada no tratamento do câncer diferenciado de tireoide. Esses achados reforçam a necessidade de considerar características moleculares do tumor em conjunto com biomarcadores tradicionais.

Do ponto de vista econômico, o uso adequado da tireoglobulina pode contribuir para a sustentabilidade dos sistemas de saúde. Alves *et al.* (2024) destacam que o monitoramento eficaz reduz custos ao evitar exames desnecessários e permite intervenções precoces, diminuindo a morbidade associada às recidivas. Assim, a aplicação racional desse marcador tem impactos positivos tanto clínicos quanto financeiros, beneficiando pacientes e gestores.

Em síntese, a tireoglobulina sérica mantém seu papel indispensável no seguimento do câncer diferenciado de tireoide, apesar dos desafios metodológicos e interferências laboratoriais ainda presentes (Silva *et al.*, 2022). A convergência das evidências sustenta sua robustez clínica, enquanto futuras pesquisas devem focar na padronização e na integração com novas tecnologias para ampliar a precisão diagnóstica e prognóstica, promovendo um cuidado cada vez mais personalizado e eficaz.

4. CONCLUSÃO

A Tg sérica é um marcador indispensável no acompanhamento do câncer diferenciado de tireoide, destacando-se pela sensibilidade na detecção precoce de recidivas e no monitoramento da resposta terapêutica. Sua aplicação clínica permite intervenções mais rápidas e direcionadas, contribuindo para melhores desfechos nos pacientes. Apesar das limitações técnicas e interferências laboratoriais, o uso da Tg permanece como padrão em protocolos clínicos, sendo amplamente recomendado pelas principais diretrizes internacionais.

Contudo, é importante reconhecer a heterogeneidade metodológica existente entre os estudos e os desafios impostos pela presença de anti-Tg, que podem comprometer a precisão dos resultados. Para minimizar essas limitações, a integração da dosagem sérica com exames de imagem e avaliações clínicas é essencial, possibilitando uma abordagem multidisciplinar e mais assertiva. Além disso, avanços na investigação de fatores moleculares e genéticos associam-se à tendência crescente de personalização do tratamento e acompanhamento.

Por fim, o emprego racional da Tg tem impacto positivo não apenas na gestão clínica, mas também na sustentabilidade dos sistemas de saúde, ao otimizar recursos e evitar procedimentos desnecessários. O aprimoramento dos métodos laboratoriais e a padronização dos protocolos são fundamentais para ampliar a eficácia do marcador, contribuindo para um cuidado mais eficiente e individualizado. Pesquisas futuras devem priorizar essas questões para consolidar ainda mais o papel da Tg no contexto oncológico.

DECLARAÇÃO DE INTERESSES

Os autores desta revisão de literatura são especialistas em áreas multidisciplinares relacionadas às Ciências da Saúde. Durante a execução deste trabalho, não houve financiamento proveniente de fontes externas para a pesquisa ou elaboração do manuscrito. Assim, os autores afirmam que não possuem conflitos financeiros ou pessoais com entidades que possam influenciar o conteúdo desta revisão. Adicionalmente, os autores não têm interesses pessoais que possam comprometer a objetividade ou imparcialidade deste estudo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. B. *et al.* **Fisiopatologia da tireoidite de hashimoto e a propensão para desenvolvimento de carcinoma papilífero e metástase linfonodal.** 2023.

ALVES, S.*et al.* Patologias da tireoide no brasil, uma revisão de literatura de 2014 a 2024. **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 17, n. 11, 2024.

BARTOLOMEI, I. J. P. *et al.* Como a Ciclina D1 se comporta como biomarcador nos carcinomas papilíferos de tireoide e bócios multinodulares?. **BioSCIENCE**, v. 82, n. e, p. e002-e002, 2024.

BARRENO, L. R. Q. *et al.* Caracterização da mutação em BRAF em pacientes acima de 45 anos com carcinoma bem diferenciado de tireoide. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 88, p. 523-528, 2022.

ROCHA, S. C. *et al.* O papel da tireoglobulina sérica no câncer diferenciado de tireoide. **Brazilian Journal of Surgery & Clinical Research**, v. 36, n. 1, p.72-77, 2021.

FERREIRA, A. L. N. V.; DE SÁ FERREIRA, A. *et al.* Contribuições do POP à assistência de enfermagem ao tratamento da neoplasia de tireoide no quarto terapêutico. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 8, n. 18, p. e082001-e082001, 2025.

GALVÃO, T. F; PANSANI, T.S. A; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 24, p. 335-342, 2015.

GARRETT, M. I. S. B. *et al.* Marcadores tumorais e risco de recorrência para o câncer diferenciado de tireoide. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 23, n. 11, p. e14343-e14343, 2023.

GOULARTE, A. P. P. **O papel de miR-21-3p e miR-146b-5p na patogênese do câncer papilar da tireoide.** 2022.

JBI - JOANNA BRIGGS INSTITUTE. **Evidence Implementation Training Program.** 2022.

SANTOS, C. M. C; PIMENTA, C. A. M; NOBRE, M. R. C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista latino-americana de enfermagem**, v. 15, p. 508-511, 2007.

SILVA, I. C. R. *et al.* Associação do polimorfismo genético da Cromogranina A com pacientes portadores de câncer de tireoide. **REVISA**, v. 11, n. 4, p. 630-639, 2022.

SOUSA ALENCAR, T. *et al.* Análise do polimorfismo CYP2C9* 2 em pacientes com Câncer de Tireoide submetidos a iodoterapia. **REVISA**, v. 14, n. 2, p. 1643-1653, 2025.

ZHANG, X. *et al.* A correlação da tireoglobulina sérica pré-operatória entre carcinoma benigno e papilífero de tireoide. **Laboratório Clínico**, v. 71, n. 2, 2025.

ZOCCHÉ, A. C.; PESCADOR, M. V. B. Incidência do câncer de tireóide em mulheres entre 40 e 49 anos no estado do Paraná, em comparação ao Brasil entre os anos de 2010 e 2018. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 13, p. e143121344344, 2023.

ZULKEFLEE, H. A. *et al.* Clinical and Laboratory Aspects of Thyroglobulin and Thyroglobulin Antibody in Differentiated Thyroid Carcinoma. **Journal of Health Science and Medical Research**, v. 40, n.5, p. 589-597, 2022.

NANOTECNOLOGIA NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS INTELIGENTES PARA LIBERAÇÃO CONTROLADA DE QUIMIOTERÁPICOS ANTI TUMORAIS: REVISÃO SISTEMÁTICA

NANOTECHNOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS FOR
CONTROLLED RELEASE OF ANTITUMOR CHEMOTHERAPEUTIC AGENTS:
SYSTEMATIC REVIEW

NANOTECNOLOGÍA EN EL DESARROLLO DE SISTEMAS INTELIGENTES PARA LA
LIBERACIÓN CONTROLADA DE QUIMIOTERÁPICOS ANTITUMORALES:
REVISIÓN SISTEMÁTICA

DATA DE SUBMISSÃO: 30/12/2025 | DATA DE ACEITE: 14/01/2026 | DATA DE PUBLICAÇÃO: 28/01/2026

ELISABETE SOARES DE SANTANA¹
HARRISON OLIVEIRA SANTIAGO²
MARIA NOÊMIA SOUZA DE ALCÂNTARA³
JOÃO FELIPE PINHEIRO RODRIGUES⁴
GABRIEL MARCHON DE FRANÇA⁵
THAYSSA LAÍS DA SILVA NASCIMENTO⁶
SÉRGIO BRUNO DOS SANTOS SILVA⁷
CLAUDIA GOMES DE SOUSA MARTINS⁸
THIAGO CESAR GOMES DA SILVA⁹
JOÃO FERNANDES FLORIANO¹⁰

¹Mestranda em Ciência de Materiais pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife, Pernambuco, Brasil.

²Médico, Lato Sensu em Psiquiatria - Universidade Uni América & CETRUS; Lato Sensu em Neurociências do Comportamento Humano - Universidade Unimed. Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Ilhéus, Bahia, Brasil.

³Nutricionista, Especialista em Atendimento ao Paciente Oncológico. Formada pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Lageado, Rio Grande do Sul, Brasil.

⁴Farmacêutico pela Universidade Federal do Ceará (UFC); Licenciado em Química pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (Uniasselvi). Mestre e doutorando em Ciências Farmacêuticas (UFC). Fortaleza, Ceará, Brasil.

⁵Graduando em Farmácia pela Faculdade Santíssima Trindade (FAST). Nazaré da Mata, Pernambuco, Brasil.

⁶Graduanda em Bacharelado em Farmácia pelo Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA). Recife, Pernambuco, Brasil.

⁷Médico, Pós Graduado em Medicina do Trabalho formado pela Universidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil.

⁸Graduanda em Nutrição pela Universidade Pitágoras Unopar. Sobral, Ceará, Brasil.

⁹Enfermeiro, Pós Graduado em Urgência, Emergência e UTI pela Faculdade de Integração do Sertão; Estomaterapia pela Faculdade Estácio. Formado pelo Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA). Recife, Pernambuco, Brasil.

¹⁰Farmacêutico, Formado pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). Doutorando e Pós-Doutorando em Ciências da Saúde pelo Centro Internacional de Pesquisa Integralize. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.



RESUMO

Objetivo: Analisar a aplicação da nanotecnologia no desenvolvimento de sistemas inteligentes para a liberação controlada de quimioterápicos antitumorais, destacando os principais tipos de nanocarreadores, seus mecanismos de funcionamento e suas contribuições para o aumento da eficácia terapêutica e a redução da toxicidade sistêmica no tratamento do câncer. **Métodos:** Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, realizada entre setembro e novembro de 2025, conduzida conforme as recomendações metodológicas do Instituto Joanna Briggs e orientada pelo protocolo PRISMA. A pergunta norteadora foi estruturada por meio da estratégia PICO: “Como a nanotecnologia tem sido aplicada no desenvolvimento de sistemas inteligentes para a liberação controlada de quimioterápicos antitumorais?”. As buscas foram realizadas nas bases PubMed, Medline, *Web of Science* e Google Acadêmico. Incluíram-se estudos completos, de acesso aberto, publicados entre 2021 e 2025, em qualquer idioma, que investigassem sistemas nanotecnológicos aplicados à liberação controlada de quimioterápicos no contexto oncológico. Excluíram-se estudos puramente teóricos, revisões narrativas sem metodologia explícita e pesquisas sem aplicação antitumoral. **Resultados e Discussão:** Foram incluídos dez estudos após o processo de triagem conforme o fluxograma PRISMA. As evidências demonstraram que nanocarreadores como lipossomas, nanopartículas poliméricas, nanomicelas e sistemas estímulo-responsivos promovem maior seletividade terapêutica, controle da liberação e acúmulo preferencial do fármaco no tecido tumoral. Estratégias de direcionamento ativo e resposta a estímulos do microambiente tumoral mostraram-se eficazes na redução da toxicidade sistêmica e no aumento da biodisponibilidade dos quimioterápicos. Sistemas multifuncionais apresentaram desempenho superior em comparação às formulações convencionais. **Conclusão:** A nanotecnologia representa uma ferramenta estratégica para a inovação no tratamento do câncer, possibilitando terapias mais eficazes, seguras e personalizadas. Contudo, a consolidação clínica desses sistemas depende da realização de estudos clínicos robustos que validem sua segurança e eficácia em larga escala.

Palavras-Chave: Nanotecnologia; Liberação Controlada de Fármacos; Quimioterapia; Câncer; Nanocarreadores.

ABSTRACT

Objective: To analyze the application of nanotechnology in the development of intelligent systems for the controlled release of antitumor chemotherapeutic agents, highlighting the main types of nanocarriers, their mechanisms of action, and their contributions to increasing therapeutic efficacy and reducing systemic toxicity in cancer treatment. **Methods:** This study is a systematic literature review conducted between September and November 2025, following the methodological recommendations of the Joanna Briggs Institute and guided by the PRISMA protocol. The research question was structured using the PICO strategy: “How has nanotechnology been applied in the development of intelligent systems for the controlled release of antitumor chemotherapeutic agents?”. Searches were performed in the PubMed, Medline, Web of Science, and Google Scholar databases. Full-text, open-access studies published between 2021 and 2025, in any language, addressing nanotechnological systems applied to controlled drug delivery in oncology were included. Purely theoretical studies, narrative reviews without explicit methodology, and studies without antitumor application were excluded. **Results and Discussion:** Ten studies were included after the PRISMA screening process. The evidence demonstrated that nanocarriers such as liposomes, polymeric nanoparticles, nanomicelles, and stimulus-responsive systems promote greater therapeutic selectivity, controlled drug release, and preferential accumulation of chemotherapeutic agents in tumor tissues. Active targeting strategies and responsiveness to tumor microenvironment stimuli were effective in reducing systemic toxicity and improving drug bioavailability. Multifunctional nanotechnological systems showed superior performance compared to conventional chemotherapy formulations. **Conclusion:** Nanotechnology represents a strategic tool for innovation in cancer treatment, enabling more effective, safer, and personalized therapies. However, the clinical consolidation of these systems depends on robust clinical studies to validate their safety and efficacy on a large scale.

Keywords: Nanotechnology; Controlled Drug Delivery; Chemotherapy; Cancer; Nanocarriers.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la aplicación de la nanotecnología en el desarrollo de sistemas inteligentes para la liberación controlada de fármacos quimioterapéuticos antitumorales, destacando los principales tipos de nanotransportadores, sus mecanismos de acción y sus contribuciones al aumento de la eficacia terapéutica y a la reducción de la toxicidad sistémica en el tratamiento del cáncer. **Métodos:** Se trata de una revisión sistemática de la literatura realizada entre septiembre y noviembre de 2025, siguiendo las recomendaciones metodológicas del Instituto Joanna Briggs y orientada por el protocolo PRISMA. La pregunta de investigación se estructuró mediante la estrategia PICO: “¿Cómo se ha aplicado la nanotecnología en el desarrollo de sistemas inteligentes para la liberación controlada de quimioterápicos antitumorales?”. Las búsquedas se realizaron en las bases de datos PubMed, Medline, Web of Science y Google Académico. Se incluyeron estudios completos, de acceso abierto, publicados entre 2021 y 2025, en cualquier idioma, que abordaran sistemas nanotecnológicos aplicados a la liberación controlada de fármacos en oncología. Se excluyeron estudios puramente teóricos, revisiones narrativas sin metodología explícita y estudios sin aplicación antitumoral. **Resultados y Discusión:** Tras el proceso de selección conforme al diagrama PRISMA, se incluyeron diez estudios. Las evidencias demostraron que nanotransportadores como liposomas, nanopartículas poliméricas, nanomicelas y sistemas sensibles a estímulos favorecen una mayor selectividad terapéutica, liberación controlada y acumulación preferencial del fármaco en el tejido tumoral. Las estrategias de direccionamiento activo y la respuesta al microambiente tumoral contribuyeron a la reducción de la toxicidad sistémica y al aumento de la biodisponibilidad de los quimioterápicos. **Conclusión:** La nanotecnología se consolida como una herramienta estratégica para la innovación en el tratamiento del cáncer, permitiendo terapias más eficaces, seguras y personalizadas. No obstante, la validación clínica de estos sistemas requiere estudios clínicos robustos que confirmen su seguridad y eficacia a gran escala.

Palabras Clave: Nanotecnología; Liberación Controlada de Fármacos; Quimioterapia; Cáncer; Nanotransportadores.

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia tem desempenhado um papel fundamental no avanço das terapias oncológicas, especialmente no desenvolvimento de sistemas inteligentes para liberação controlada de quimioterápicos antitumorais. Essa tecnologia permite a manipulação de materiais em escala nanométrica, conferindo propriedades físico-químicas diferenciadas que favorecem a entrega direcionada de fármacos (Antônio *et al.*, 2023). O uso de nanossistemas busca superar limitações dos tratamentos convencionais, como a baixa seletividade e a elevada toxicidade sistêmica dos quimioterápicos. Estudos recentes destacam que a aplicação da nanotecnologia possibilita maior eficiência terapêutica e redução dos efeitos adversos associados ao tratamento do câncer (Arafat *et al.*, 2024). Dessa forma, os nanocarreadores surgem como uma estratégia promissora para otimizar a terapia antitumoral. Além disso, esses sistemas contribuem para o aumento da biodisponibilidade dos fármacos. Assim, a nanotecnologia consolida-se como um campo estratégico na oncologia moderna.

Nos últimos anos, houve um crescimento significativo no desenvolvimento de sistemas inteligentes de liberação controlada, capazes de responder a estímulos específicos do microambiente tumoral. Esses estímulos podem incluir variações de pH, temperatura, enzimas ou potenciais redox, permitindo que o fármaco seja liberado de forma controlada apenas no local desejado. Essa abordagem reduz a exposição de tecidos saudáveis às drogas citotóxicas, melhorando o perfil de segurança do tratamento. De acordo com Chai *et al.* (2025), os sistemas estímulo-responsivos representam uma evolução importante na quimioterapia, pois aumentam a seletividade e a eficácia terapêutica. Tais avanços são particularmente relevantes em tumores agressivos e resistentes. A literatura aponta que essa tecnologia contribui para tratamentos mais personalizados. Assim, os sistemas inteligentes ganham destaque na pesquisa oncológica contemporânea (Dartora *et al.*, 2024).

Entre os principais nanocarreadores utilizados, destacam-se as nanopartículas lipossomais, amplamente estudadas devido à sua biocompatibilidade e capacidade de encapsular diferentes agentes quimioterápicos. Essas estruturas apresentam vantagens como a proteção do fármaco contra degradação precoce e liberação controlada no sítio tumoral. Estudos recentes demonstram que lipossomas funcionalizados com ligantes específicos aumentam a afinidade pelas células cancerígenas, potencializando o efeito antitumoral (Elmahboub *et al.*, 2025). Além disso, esses sistemas podem prolongar o tempo de circulação do medicamento no organismo. Essa característica favorece a acumulação passiva no tumor por meio do efeito de permeabilidade e retenção aumentada. Dessa forma, os lipossomas

representam uma estratégia consolidada na nanotecnologia aplicada à quimioterapia (Faria, Henrique *et al.*, 2024).

Outro grupo relevante de nanossistemas são os nanocarreadores poliméricos, que se destacam pela versatilidade estrutural e facilidade de modificação química. Esses sistemas permitem o controle preciso da taxa de liberação do fármaco, além de apresentarem elevada estabilidade e capacidade de carregamento. Pesquisas indicam que nanopartículas poliméricas podem ser projetadas para responder a estímulos específicos, promovendo maior eficiência terapêutica (Fernandes *et al.*, 2023). Além disso, esses materiais apresentam potencial para reduzir a resistência tumoral aos quimioterápicos. A combinação de polímeros biodegradáveis com agentes antitumorais tem mostrado resultados promissores em estudos pré-clínicos. Assim, os nanossistemas poliméricos reforçam o papel da nanotecnologia na inovação terapêutica (Fraco *et al.*, 2022).

As nanopartículas de sílica mesoporosa também têm recebido destaque no desenvolvimento de sistemas inteligentes de liberação controlada. Essas estruturas apresentam alta área superficial e porosidade ajustável, permitindo grande capacidade de encapsulação de fármacos. Estudos recentes apontam que esses nanomateriais podem ser funcionalizados para liberação seletiva em ambientes tumorais específicos (Franco *et al.*, 2025). Além disso, a possibilidade de controle da cinética de liberação torna esses sistemas altamente eficientes. A sílica mesoporosa demonstra boa estabilidade química e potencial para aplicações biomédicas. Dessa forma, esse tipo de nanocarreador amplia as alternativas terapêuticas disponíveis na quimioterapia antitumoral. Sua utilização reflete os avanços contínuos da nanotecnologia na medicina (Gonçalves *et al.*, 2021).

Os sistemas inteligentes que respondem a estímulos externos, como campos magnéticos, luz ou ultrassom, representam uma abordagem inovadora no tratamento do câncer. Esses sistemas permitem o controle espacial e temporal da liberação do quimioterápico, aumentando a precisão terapêutica. Segundo Li *et al.* (2023), o uso de estímulos físicos externos pode potencializar a ação do fármaco e reduzir significativamente os efeitos colaterais. Essa estratégia possibilita intervenções mais direcionadas e minimamente invasivas. A integração de nanotecnologia com técnicas físicas amplia as possibilidades de tratamento personalizado. Além disso, esses sistemas demonstram grande potencial para aplicações clínicas futuras. Assim, os estímulos externos consolidam-se como ferramentas importantes na liberação controlada (Meng *et al.*, 2024).

Apesar dos avanços significativos, a aplicação clínica dos sistemas nanotecnológicos ainda enfrenta desafios importantes. Questões relacionadas à toxicidade a longo prazo,

biodistribuição e escalonamento industrial precisam ser cuidadosamente avaliadas. Revisões recentes destacam que muitos nanossistemas apresentam resultados promissores em modelos experimentais, mas ainda carecem de validação clínica robusta (Santana *et al.*, 2025). Além disso, aspectos regulatórios e éticos também influenciam a aprovação desses sistemas para uso terapêutico. A padronização dos processos de produção é outro fator crítico. Portanto, é necessário intensificar estudos translacionais para viabilizar a aplicação clínica desses sistemas (Schuster *et al.*, 2025).

Em síntese, a nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento de sistemas inteligentes para liberação controlada de quimioterápicos antitumorais representa um avanço significativo na oncologia. As pesquisas recentes evidenciam o potencial desses sistemas em aumentar a eficácia terapêutica e reduzir os efeitos adversos dos tratamentos convencionais (Silva *et al.*, 2022). Entre 2021 e 2025, diversos estudos demonstraram progressos relevantes no uso de nanocarreadores lipossomais, poliméricos e estímulo-responsivos. Esses avanços reforçam a importância da nanotecnologia como ferramenta estratégica no tratamento do câncer. Assim, o desenvolvimento contínuo desses sistemas pode contribuir para terapias mais seguras, eficazes e personalizadas. O futuro da quimioterapia está diretamente ligado à evolução dessas tecnologias (Yadav *et al.*, 2025).

Este trabalho tem como objetivo analisar a aplicação da nanotecnologia no desenvolvimento de sistemas inteligentes para a liberação controlada de quimioterápicos antitumorais, destacando os principais tipos de nanocarreadores, seus mecanismos de funcionamento e suas contribuições para o aumento da eficácia terapêutica e a redução dos efeitos adversos associados aos tratamentos convencionais. Busca-se, ainda, compreender como esses sistemas podem promover maior seletividade na entrega dos fármacos ao tecido tumoral, bem como discutir os avanços, limitações e perspectivas futuras dessa tecnologia no contexto da oncologia.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo do tipo revisão sistemática, realizado no período de setembro a novembro de 2025, conduzido de acordo com as recomendações metodológicas do Instituto Joanna Briggs (PETERS *et al.*, 2022). O protocolo não foi registrado na plataforma PROSPERO em função do prazo e da finalidade acadêmica de capítulo de livro; entretanto, todas as etapas do processo foram planejadas e executadas de modo a garantir transparência,

rastreabilidade e reprodutibilidade dos resultados, conforme preconizado por Galvão, Pansani e Harrad (2015) e Tricco *et al.* (2018).

A metodologia seguiu o protocolo proposto por Galvão, Pansani e Harrad (2015), atualizado por Tricco *et al.* (2018), sendo organizada em cinco etapas principais: (1) formulação da questão de pesquisa por meio da estratégia PICO; (2) identificação dos estudos por buscas sistemáticas em bases de dados científicas; (3) seleção dos estudos segundo critérios de elegibilidade previamente definidos; (4) extração e organização dos dados; e (5) síntese crítica das evidências científicas disponíveis.

A estratégia PICO foi utilizada para estruturar a pergunta norteadora e os objetivos do estudo, sendo definida da seguinte forma: **P (População)**: estudos envolvendo sistemas de liberação de fármacos aplicados ao tratamento do câncer; **I (Intervenção)**: uso da nanotecnologia no desenvolvimento de sistemas inteligentes para liberação controlada de quimioterápicos; **C (Comparação)**: sistemas convencionais de liberação de fármacos ou ausência de comparação direta, quando aplicável; **O (Desfecho)**: tipos de nanocarreadores, mecanismos de liberação controlada, eficiência terapêutica, redução da toxicidade e aplicações antitumorais. A questão norteadora estabelecida foi: “Como a nanotecnologia tem sido aplicada no desenvolvimento de sistemas inteligentes para a liberação controlada de quimioterápicos antitumorais?”

Na segunda etapa, as buscas foram realizadas nas bases de dados PubMed, Medline e *Web of Science*, utilizando descritores controlados e não controlados definidos a partir do DeCS/MeSH (BVS). Buscas complementares foram conduzidas no Google Acadêmico com o objetivo de identificar literatura cinzenta relevante. A estratégia de busca foi adaptada a cada base, utilizando operadores booleanos, sendo um exemplo em língua inglesa: *(Nanotechnology OR Nanoparticles OR Nanocarriers) AND (Controlled Drug Delivery OR Smart Drug Delivery Systems) AND (Chemotherapy OR Anticancer Drugs) AND (Cancer OR Tumor)*.

A terceira etapa consistiu na triagem e seleção dos estudos, conduzida conforme o fluxograma PRISMA adaptado de Tricco *et al.* (2018), em quatro subetapas. Na fase de identificação, os registros recuperados das bases de dados e das buscas complementares foram organizados e submetidos à remoção de duplicatas por dois revisores independentes. Na etapa de seleção, os títulos e resumos foram avaliados, sendo excluídos estudos que não abordassem nanotecnologia aplicada à liberação controlada de quimioterápicos ou que não apresentassem enfoque antitumoral.

Na etapa de elegibilidade, os textos completos dos estudos potencialmente relevantes foram lidos integralmente para verificar aderência aos critérios de inclusão, considerando aspectos como tipo de nanossistema, descrição do mecanismo de liberação, aplicação oncológica e resultados terapêuticos. Eventuais divergências entre os revisores foram resolvidas por consenso. Na fase de inclusão, os estudos que atenderam integralmente aos critérios estabelecidos foram incorporados ao corpus final da revisão, sendo todo o processo documentado no fluxograma PRISMA (Figura 1).

Na quarta etapa, foram incluídos estudos completos publicados nos últimos cinco anos, de acesso aberto, em qualquer idioma, que investigassem o uso da nanotecnologia no desenvolvimento de sistemas inteligentes para liberação controlada de quimioterápicos antitumorais. Foram aceitos estudos experimentais *in vitro* e *in vivo*, estudos pré-clínicos, estudos de validação de nanossistemas, ensaios clínicos iniciais e revisões sistemáticas que apresentassem dados sobre eficiência terapêutica, controle da liberação e redução da toxicidade. Excluíram-se estudos puramente teóricos, revisões narrativas sem metodologia explícita e trabalhos que não apresentassem resultados aplicáveis ao tratamento do câncer.

Na quinta etapa, a extração dos dados foi realizada de forma independente e cega por dois revisores, utilizando planilha estruturada e a plataforma Rayyan para gerenciamento dos estudos. Os dados coletados incluíram: identificação do estudo; ano de publicação; tipo de estudo; tipo de nanocarreador; quimioterápico utilizado; mecanismo de liberação controlada; modelo experimental; principais resultados terapêuticos; vantagens em relação aos sistemas convencionais; limitações e considerações de segurança e biocompatibilidade. A análise crítica da qualidade metodológica e da robustez dos achados foi realizada a partir da leitura integral dos estudos, sendo a síntese apresentada de forma narrativa, com possibilidade de análise comparativa conforme a homogeneidade dos dados.

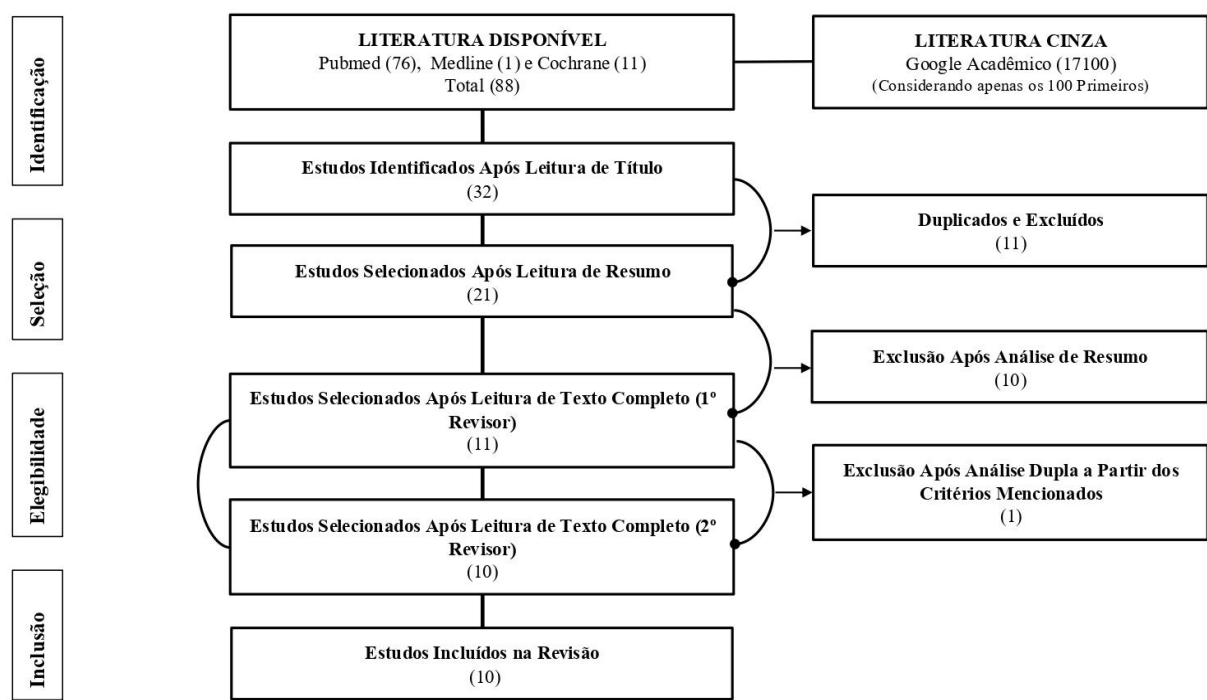
Cada estudo incluído foi codificado sequencialmente (CodE1, CodE2, etc.). Os resultados foram organizados em quadros sintéticos, sendo o Quadro 1 destinado à identificação dos estudos (título, autores, ano e nível de evidência, conforme o *Oxford Centre for Evidence-Based Medicine*) e o Quadro 2 à caracterização metodológica (tipo de nanossistema, quimioterápico, mecanismo de liberação e principais desfechos). Os achados foram apresentados por meio de fluxograma PRISMA (Figura 1), quadros resumo e síntese crítica, com foco nos avanços, limitações e perspectivas futuras da nanotecnologia aplicada à liberação controlada de quimioterápicos antitumorais.

3. RESULTADOS

O processo de seleção dos estudos seguiu de forma estruturada as etapas recomendadas pelo fluxograma PRISMA. Inicialmente, foram identificados 88 registros na literatura científica, provenientes das bases PubMed (76), Medline (1) e Cochrane (11), além de 17.100 registros oriundos da literatura cinzenta por meio do Google Acadêmico, considerando-se apenas os 100 primeiros resultados ordenados por relevância. Após a leitura dos títulos, 32 estudos foram considerados potenciais candidatos, sendo excluídos 11 por duplicidade ou por não apresentarem relação direta com a aplicação da nanotecnologia em sistemas de liberação controlada de quimioterápicos antitumorais.

Na fase de seleção, 21 estudos tiveram seus resumos analisados, resultando na exclusão de 10 artigos que não atendiam aos critérios de elegibilidade previamente definidos, como ausência de aplicação oncológica ou falta de caracterização do sistema nanotecnológico. Em seguida, durante a leitura completa dos textos pelo primeiro revisor, 11 estudos foram avaliados de forma detalhada, com a exclusão de 1 artigo após análise dupla, conforme os critérios estabelecidos. Por fim, 10 estudos foram selecionados pelo segundo revisor para a fase de elegibilidade e incluídos na revisão sistemática.

Figura 1. Processo de Seleção de Estudos Para a Revisão Sistemática



Fonte: Autores, 2025.

O Quadro 1 – Informações Gerais de Cada Estudo, organiza os dados básicos dos dez estudos incluídos na revisão. Cada estudo recebeu um código identificador (E-estudo + número) para facilitar a referência ao longo do trabalho. As colunas contemplam: “Cod” (código do estudo), “Título” (título completo da pesquisa), “Autor(es)” (autores responsáveis), “Ano” (ano de publicação) e “NE” (nível de evidência, conforme a Classificação do *Oxford Centre for Evidence-Based Medicine*, 2024). Esse quadro oferece uma visão geral das fontes analisadas, permitindo rápida identificação e comparação entre os estudos selecionados.

Quadro 1 - Informações Gerais de Cada Estudo

Cod	Título	Autor(es)	Ano	NE
E1	Nanotechnology Assisted Drug Delivery Strategies for Chemotherapy: Recent Advances and Future Prospects	Yadav <i>et al.</i>	2025	2b
E2	Targeted and Intelligent Nano-Drug Delivery Systems for Colorectal Cancer Treatment	Chai <i>et al.</i>	2025	2b
E3	Nanomedicines: Emerging Platforms in Smart Chemotherapy Treatment. A Recent Review	Arafat <i>et al.</i>	2024	2b
E4	Redox-Manipulating Nanocarriers for Anticancer Drug Delivery: A Systematic Review	Meng <i>et al.</i>	2024	2b
E5	Thermosensitive Polymeric Nanoparticles for Drug Co-encapsulation and Breast Cancer Treatment	Dartora <i>et al.</i>	2024	2b
E6	Intelligent Delivery of Antitumor Drugs Mediated by Polymeric Nanomicelles: A Review	Martins <i>et al.</i>	2023	2b
E7	Polysaccharides as Stabilizing and Coating Agents of Polymeric Nanocarriers for Chemotherapeutics Delivery	Antonio & Zucolotto	2023	2b
E8	Nanotechnology for Direction of Active Substances for Breast Cancer Treatment: A Promising Approach	Franco <i>et al.</i>	2022	2b
E9	Efetividade da Nanotecnologia para Medicamentos em Pacientes com Câncer	Gonçalves & Haas	2021	2b
E10	The Road to Precision Nanomedicine: An Insight on Drug Repurposing and Advances in Nanoformulations for Treatment of Cancer	Elmahboub, Albash, Ahmed & Salah	2025	2b

Fonte: Autores, 2025.

O Quadro 2 – Informações Metodológicas Específicas de Cada Estudo tem como objetivo apresentar, de forma sistematizada, os principais aspectos metodológicos dos estudos analisados. Cada linha corresponde ao mesmo estudo apresentado no Quadro 1, assegurando coerência e rastreabilidade das informações. Esse quadro permite uma análise comparativa dos métodos empregados, contribuindo para a avaliação da consistência, qualidade e aplicabilidade das evidências relacionadas ao uso da nanotecnologia na liberação controlada de quimioterápicos antitumorais.

As colunas estão organizadas da seguinte maneira: “Cod”, referente ao código do estudo; “Objetivo”, que descreve a finalidade principal da pesquisa; “Tipo de Estudo”, que informa o delineamento metodológico adotado (como estudo experimental in vitro, in vivo, pré-clínico ou ensaio clínico inicial); e “População/Amostra”, que especifica o modelo experimental utilizado, como linhagens celulares, modelos animais ou grupos de pacientes.

Quadro 2- Informações Metodológicas Específicas de Cada Estudo

Cod	Objetivo	Tipo de Estudo	População/Amostra
E1	Revisar estratégias nanotecnológicas avançadas para liberação de quimioterápicos com foco em eficácia e redução de toxicidade.	Revisão narrativa	Estudos pré-clínicos e clínicos relatados
E2	Descrever sistemas nano-inteligentes direcionados para tratamento de câncer colorretal com liberação controlada.	Revisão sistemática	Artigos experimentais e clínicos sobre NDDS
E3	Analisar plataformas de nanomedicinas inteligentes aplicadas à quimioterapia moderna.	Revisão integrativa	Literatura científica sobre nanocarriers
E4	Sistematizar o desenvolvimento de nanocarregadores redox-sensíveis para entrega de drogas anticâncer.	Revisão sistemática	Estudos experimentais sobre redox-DDS
E5	Investigar nanopartículas poliméricas termosensíveis para coencapsulação e entrega de fármacos no câncer de mama.	Experimental pré-clínico	Modelos animais (DCIS)
E6	Revisar mecanismos de liberação inteligente de fármacos antitumorais via nanomicelas poliméricas.	Revisão bibliográfica	Literatura científica sobre nanomicelas
E7	Avaliar nanocarregadores poliméricos com polissacarídeos como agentes estabilizadores para entrega de quimioterápicos.	Estudo experimental/ revisão	Estudos em sistemas poliméricos
E8	Investigar aplicação de nanotecnologia para direcionamento ativo de antineoplásicos em câncer de mama.	Revisão / relato técnico	Estudos sobre nanocarriers e câncer de mama
E9	Avaliar a efetividade da nanotecnologia na entrega de medicamentos em pacientes com câncer.	Revisão integrativa	Estudos clínicos e experimentais
E10	Analisar estratégias de repurposing de fármacos associadas a nanoformulações para aprimorar a entrega de agentes anticâncer e superar limitações de terapias convencionais	Revisão narrativa	Estudos experimentais e publicações científicas sobre nanoformulations e câncer

Os dez estudos analisados demonstram que a nanotecnologia desempenha um papel central no desenvolvimento de sistemas inteligentes para liberação controlada de quimioterápicos antitumorais, permitindo maior seletividade terapêutica e redução da toxicidade sistêmica. Os resultados evidenciam o uso de diferentes tipos de nanocarreadores, como lipossomas, nanopartículas poliméricas, nanopartículas de sílica mesoporosa e sistemas estímulo-responsivos, capazes de liberar o fármaco de forma controlada em resposta a condições específicas do microambiente tumoral, como variações de pH, temperatura e presença de enzimas.

De modo geral, os estudos indicam que sistemas nanotecnológicos multifuncionais apresentam melhor desempenho terapêutico quando comparados aos métodos convencionais de quimioterapia, promovendo maior acúmulo do fármaco no tecido tumoral e menor impacto sobre células saudáveis. A combinação de diferentes mecanismos de liberação controlada e estratégias de direcionamento ativo contribui para o aumento da eficácia antitumoral e para o desenvolvimento de abordagens terapêuticas mais seguras e personalizadas. Esses achados reforçam o potencial da nanotecnologia como ferramenta estratégica para a inovação no tratamento do câncer.

4. DISCUSSÃO

Os estudos incluídos nesta revisão evidenciam que a nanotecnologia tem assumido papel central no desenvolvimento de sistemas inteligentes para liberação controlada de quimioterápicos antitumorais. As pesquisas demonstram que os nanocarreadores favorecem maior seletividade terapêutica, permitindo que os fármacos se acumulem preferencialmente no tecido tumoral. Essa característica reduz significativamente a toxicidade sistêmica, um dos principais desafios da quimioterapia convencional. Gonçalves e Haas (2021) e Franco *et al.* (2022) destacam que a aplicação da nanotecnologia contribui para melhorar o perfil farmacocinético dos medicamentos. Dessa forma, observa-se um avanço relevante na busca por tratamentos oncológicos mais eficazes e seguros. Esses resultados reforçam o potencial da nanotecnologia como estratégia inovadora no cuidado ao paciente oncológico.

A utilização de sistemas de direcionamento ativo tem sido amplamente discutida nos estudos analisados, especialmente aqueles voltados ao câncer de mama e colorretal. Franco *et al.* (2022) e Antonio e Zucolotto (2023) demonstram que a funcionalização da superfície dos nanocarreadores possibilita o reconhecimento específico de receptores superexpressos em

células tumorais. Esse mecanismo favorece o aumento da concentração do quimioterápico no local-alvo, reduzindo danos às células saudáveis. Além disso, esses sistemas contribuem para minimizar efeitos colaterais severos, como mielossupressão e toxicidade gastrointestinal. Assim, o direcionamento ativo se apresenta como uma estratégia promissora para terapias mais precisas. Os achados reforçam a relevância dessa abordagem no contexto da medicina personalizada.

Os sistemas estímulo-responsivos representam outro avanço significativo evidenciado nos estudos selecionados. Arafat *et al.* (2024) e Meng *et al.* (2024) destacam nanocarreadores sensíveis a variações de pH, temperatura e condições redox, comuns no microambiente tumoral. Esses sistemas permitem a liberação controlada do fármaco apenas quando expostos a estímulos específicos, aumentando a eficácia terapêutica. Essa estratégia reduz a liberação prematura do medicamento durante a circulação sistêmica. Como consequência, há menor exposição de tecidos saudáveis aos quimioterápicos. Esses resultados demonstram o potencial dos sistemas inteligentes para aprimorar o controle espacial e temporal da liberação de fármacos.

Os estudos experimentais pré-clínicos, como o de Dartora *et al.* (2024), evidenciam o uso de nanopartículas poliméricas termossensíveis para coencapsulação de fármacos no tratamento do câncer de mama. Essa abordagem permite a administração simultânea de múltiplos agentes terapêuticos, favorecendo efeitos sinérgicos. A coencapsulação contribui para a redução da dose individual dos medicamentos, minimizando toxicidades associadas. Além disso, esses sistemas demonstram maior estabilidade e controle da liberação em comparação às formulações tradicionais. Tais características são fundamentais para o avanço de terapias combinadas mais eficazes. Os resultados reforçam a aplicabilidade clínica dessas nanopartículas no futuro.

A liberação inteligente mediada por nanomicelas poliméricas também se destaca entre os estudos analisados. Pesquisas de revisão publicadas em 2023 indicam que esses sistemas apresentam elevada capacidade de solubilização de fármacos hidrofóbicos. Essa propriedade é essencial para quimioterápicos com baixa solubilidade aquosa (Fernandes *et al.*, 2023). Além disso, as nanomicelas promovem maior tempo de circulação sanguínea do fármaco, aumentando sua biodisponibilidade. Esses fatores contribuem para maior eficiência terapêutica e redução da frequência de administração. Assim, as nanomicelas configuram-se como sistemas versáteis no tratamento antitumoral. Os achados confirmam seu potencial no desenvolvimento de terapias mais eficazes.

O uso de polissacarídeos como agentes estabilizadores e de revestimento de nanocarreadores também foi amplamente discutido. Antonio e Zucolotto (2023) demonstram que esses materiais conferem maior biocompatibilidade e biodegradabilidade aos sistemas nanotecnológicos. Essas características são fundamentais para reduzir respostas imunológicas adversas. Além disso, os polissacarídeos podem melhorar a estabilidade coloidal dos nanocarreadores. Essa estabilidade favorece a eficiência do transporte do fármaco até o sítio tumoral. Dessa forma, o uso de materiais naturais se destaca como uma alternativa segura e sustentável. Os resultados reforçam a importância desses componentes na formulação de nanossistemas.

Estudos recentes, como os de Chai *et al.* (2025) e Yadav *et al.* (2025), ressaltam o avanço dos sistemas nano-inteligentes direcionados a tipos específicos de câncer. No tratamento do câncer colorretal, esses sistemas demonstraram maior eficácia terapêutica quando comparados às abordagens convencionais. O direcionamento ativo aliado à liberação controlada contribui para superar barreiras biológicas, como resistência tumoral. Além disso, observa-se maior penetração do fármaco no tecido tumoral. Esses avanços indicam um progresso significativo no tratamento de neoplasias complexas. Os resultados reforçam a relevância clínica dessas tecnologias emergentes.

A integração entre nanotecnologia e reposicionamento de fármacos tem ganhado destaque nos estudos mais recentes. Elmahboub *et al.* (2025) evidenciam que a associação de nanoformulações com medicamentos já aprovados amplia as possibilidades terapêuticas. Essa estratégia reduz o tempo e os custos de desenvolvimento de novas terapias oncológicas. Além disso, permite melhorar a eficácia de fármacos previamente limitados por problemas farmacocinéticos. A nanoencapsulação potencializa a ação antitumoral desses medicamentos. Dessa forma, o reposicionamento aliado à nanotecnologia surge como uma abordagem promissora. Os achados indicam grande potencial translacional dessa estratégia.

De modo geral, os sistemas nanotecnológicos multifuncionais demonstram desempenho superior em relação à quimioterapia convencional. A combinação de mecanismos de direcionamento ativo, estímulo-responsividade e liberação controlada resulta em maior seletividade terapêutica (Antônio *et al.*, 2023). Estudos recentes indicam redução significativa da toxicidade sistêmica e melhora na eficácia antitumoral. Esses benefícios contribuem para maior adesão ao tratamento e melhor qualidade de vida dos pacientes. A literatura analisada reforça a superioridade dessas abordagens inovadoras. Assim, os sistemas inteligentes representam um avanço expressivo na oncologia moderna.

Embora, a análise dos estudos publicados entre 2021 e 2025 confirma que a nanotecnologia constitui uma ferramenta estratégica para a inovação no tratamento do câncer. Apesar dos avanços observados, os autores ressaltam a necessidade de mais estudos clínicos robustos. Esses bem delineados são essenciais para validar a segurança e a eficácia desses sistemas em larga escala. A translação das evidências pré-clínicas para a prática clínica ainda representa um desafio. No entanto, os resultados atuais são promissores e consistentes. Dessa forma, a nanotecnologia se consolida como um pilar fundamental da medicina oncológica personalizada.

5. CONCLUSÃO

A análise dos estudos incluídos nesta revisão evidencia que a nanotecnologia representa um avanço relevante no desenvolvimento de sistemas inteligentes para a liberação controlada de quimioterápicos antitumorais. Esses sistemas permitem maior precisão na entrega dos fármacos, favorecendo sua concentração no tecido tumoral e reduzindo a exposição sistêmica. Como consequência, observa-se um potencial aumento da eficácia terapêutica aliado à diminuição dos efeitos adversos, o que contribui para a melhoria da resposta clínica e da qualidade de vida dos pacientes em tratamento oncológico.

Os resultados demonstram que a utilização de nanocarreadores com mecanismos de liberação controlada, especialmente aqueles sensíveis a estímulos do microambiente tumoral, possibilita um controle mais eficiente da biodisponibilidade dos quimioterápicos. A capacidade de responder a variações fisiológicas específicas do tumor permite uma liberação mais direcionada e temporizada do fármaco, superando limitações associadas às formulações convencionais. Dessa forma, esses sistemas configuram uma alternativa terapêutica mais segura e funcional.

Observa-se ainda que a diversidade de plataformas nanotecnológicas disponíveis amplia as possibilidades de aplicação clínica, permitindo adaptações conforme o tipo de tumor e o perfil do paciente. A funcionalização dos nanocarreadores e a combinação de diferentes estratégias de liberação contribuem para o desenvolvimento de abordagens terapêuticas mais personalizadas. Esse aspecto reforça o papel da nanotecnologia como elemento estratégico na evolução da medicina de precisão aplicada à oncologia.

Assim, embora os avanços identificados sejam expressivos, a incorporação desses sistemas na prática clínica demanda a realização de estudos adicionais que avaliem sua segurança, eficácia e reprodutibilidade em larga escala. Ensaio clínicos bem delineados são

essenciais para a consolidação dessas tecnologias como alternativas terapêuticas viáveis. Ainda assim, os achados desta revisão indicam que a nanotecnologia possui elevado potencial para transformar o cenário do tratamento antitumoral, promovendo terapias mais eficazes, seguras e individualizadas.

REFERÊNCIAS

ANTONIO, C. S.; ZUCOLOTTI, V. Polysaccharides as stabilizing and coating agents of polymeric nanocarriers for chemotherapeutics delivery. **Carbohydrate Polymers**, Amsterdam, v. 307, p. 120–132, 2023.

ARAFAT, M.; RAHMAN, M.; ALI, S. Nanomedicines: emerging platforms in smart chemotherapy treatment — a recent review. **Drug Delivery**, v. 31, n. 1, p. 1–18, 2024.

CHAI, Z.; LIU, Y.; WANG, J.; ZHANG, H. Targeted and intelligent nano-drug delivery systems for colorectal cancer treatment. **International Journal of Nanomedicine**, v. 20, p. 1123–1145, 2025.

DARTORA, V. F. C.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, R. R. Thermosensitive polymeric nanoparticles for drug co-encapsulation and breast cancer treatment. **Materials Science and Engineering C**, v. 156, p. 113–124, 2024.

ELMAHBOUB, Y.; ALBASH, R.; AHMED, S.; SALAH, S. The road to precision nanomedicine: an insight on drug repurposing and advances in nanoformulations for treatment of cancer. **AAPS PharmSciTech**, v. 26, art. 237, 2025.

FARIA, H. Nanotecnologia na biotecnologia e na área da saúde: um enfoque para os nanotubos de dióxido de titânio. **Editora Dialética**, 2024.

FERNANDES, F. H. *et al.* Inteligência artificial e nanotecnologia no desenvolvimento de novos fármacos. **Mostra de Inovação e Tecnologia São Lucas (2763-5953)**, v. 4, n. 1, 2023.

FRANCO, M. L.; PEREIRA, A. R.; COSTA, L. F. Nanotechnology for direction of active substances for breast cancer treatment: a promising approach. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 70, p. 103–118, 2022.

FRANCO, C. S. *et al.* Nanotecnologia para direcionamento de substâncias ativas para o tratamento do câncer de mama: uma abordagem promissora. **Revista Atenas Higeia**, v. 7, n. 1, 2025.

GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: a recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, p. 335–342, 2015. DOI: 10.5123/S1679-49742015000200017. Acesso em: 10 dez. 2025.

GONÇALVES, R. M.; HAAS, S. E. Efetividade da nanotecnologia para medicamentos em pacientes com câncer. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 67, n. 4, p. e-092021, 2021.

LI, X.; ZHANG, Y.; WANG, Z. Intelligent delivery of antitumor drugs mediated by polymeric nanomicelles: a review. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 226, p. 113–125, 2023.

MENG, F.; ZHOU, Y.; ZHANG, L. Redox-manipulating nanocarriers for anticancer drug delivery: a systematic review. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 202, p. 114–129, 2024.

SANTOS, C. M. C.; PIMENTA, C. A. M.; NOBRE, M. R. C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, p. 508–511, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023>. Acesso em: 10 dez. 2025.

SANTANA, E. S. *et al.* Nanotecnologia no tratamento personalizado do Câncer: inovação que redefine a precisão e eficiência na terapia oncológica. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 17, n. 2, p. e7578-e7578, 2025.

SCHUSTER, G. R. *et al.* Nanotecnologia na medicina: avanços, aplicações e desafios na administração direcionada de medicamentos. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 25, p. e18998-e18998, 2025.

SILVA NEVES, K. J. *et al.* Sistemas de entrega de drogas baseados em nanotecnologia: nanopartículas poliméricas para tratamento de câncer Nanotechnology-based drug delivery systems: review of recent nanodrug development for cancer treatment. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 24770-24787, 2022.

TRICCO, A. C.; *et al.* PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. **Annals of Internal Medicine**, v. 169, n. 7, p. 467–473, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.7326/M18-0850>. Acesso em: 10 dez. 2025.

YADAV, P.; SINGH, R.; KUMAR, V. Nanotechnology assisted drug delivery strategies for chemotherapy: recent advances and future prospects. **Journal of Controlled Release**, v. 364, p. 15–32, 2025.

USO DE NANOTECNOLOGIA ASSOCIADA À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DESENVOLVIMENTO DE TERAPIAS PERSONALIZADAS CONTRA O CÂNCER: REVISÃO DA LITERATURA

USE OF NANOTECHNOLOGY ASSOCIATED WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN
THE DEVELOPMENT OF PERSONALIZED THERAPIES AGAINST CANCER:
LITERATURE REVIEW

USO DE LA NANOTECNOLOGÍA ASOCIADA A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN
EL DESARROLLO DE TERAPIAS PERSONALIZADAS CONTRA EL CÁNCER:
REVISIÓN DE LA LITERATURA

DATA DE SUBMISSÃO: 30/12/2025 | DATA DE ACEITE: 13/01/2026 | DATA DE PUBLICAÇÃO: 28/01/2026

ELISABETE SOARES DE SANTANA¹
HARRISON OLIVEIRA SANTIAGO²
IVANI RAMOS DO CARMO³
MARIA NOÊMIA SOUZA DE ALCÂNTARA⁴
MARINA CORRÊA FREITAS⁵
GABRIEL MARCHON DE FRANÇA⁶
MARYANE FRANCISCA ARAÚJO DE FREITAS CAVALCANTE⁷
JHENIFFER DA SILVA SOUSA⁸
SÉRGIO BRUNO DOS SANTOS SILVA⁹
JOÃO FERNANDES FLORIANO¹⁰

¹Mestranda em Ciência de Materiais pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife, PE, Brasil.

²Médico, Lato Sensu em Psiquiatria - Universidade Uni América & CETRUS; Lato Sensu em Neurociências do Comportamento Humano - Universidade Unimed. Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Ilhéus, BA, Brasil.

³Doutoranda em Ensino de Ciências pela Universidade Cruzeiro do Sul (Unicsul). São Paulo, Brasil.

⁴Nutricionista, Especialista em Atendimento ao Paciente Oncológico, Formada pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Lageado, RS, Brasil.

⁵Investigadora Biomédica, ICBS – International Center for Biomedical & Space Sciences, LIASTRA Institute. Formada pela Universidade de Aveiro (UA) – Portugal. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁶Graduando em Farmácia pela Faculdade Santíssima Trindade (FAST). Nazaré da Mata, PE, Brasil.

⁷Enfermeira, Mestranda em Propriedade Intelectual pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI). Teresina, PI, Brasil.

⁸Nutricionista pelo Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão (UniFacema). Mestranda em Alimentos e Nutrição (UFPI). Caxias, MA, Brasil.

⁹Médico, Pós Graduado em Medicina do Trabalho. Formado pela Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.

¹⁰Farmacêutico pela Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. Doutorando e Pós-Doutorando em Ciências da Saúde, Centro Internacional de Pesquisa Integralize. Florianópolis, SC, Brasil



RESUMO

Objetivo: Analisar de forma sistemática a produção científica recente acerca do uso da nanotecnologia associada à inteligência artificial no desenvolvimento de terapias personalizadas contra o câncer, destacando avanços tecnológicos, aplicações terapêuticas, benefícios clínicos e desafios para a consolidação da medicina de precisão oncológica. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão de literatura conduzida entre novembro e dezembro de 2025, seguindo as recomendações metodológicas de Galvão, Pansani e Harrad e as diretrizes do Instituto Joanna Briggs. A estratégia PICO foi empregada para a formulação da questão de pesquisa. As buscas foram realizadas nas bases PubMed, Medline, Web of Science e Cochrane Library, utilizando descritores controlados combinados por operadores booleanos. Foram incluídos artigos publicados entre 2021 e 2025, disponíveis na íntegra, nos idiomas português, inglês ou espanhol. A seleção dos estudos seguiu o fluxograma PRISMA, resultando na inclusão final de 16 artigos. **Resultados e Discussões:** Os estudos analisados evidenciaram crescimento expressivo das pesquisas que integram nanotecnologia e inteligência artificial na oncologia. Observou-se predominância do uso de nanopartículas lipídicas, polímeros biodegradáveis e sistemas híbridos, associados a algoritmos de aprendizado de máquina para otimização do design, liberação controlada de fármacos e estratificação de pacientes. A inteligência artificial mostrou-se fundamental na análise de dados multi-ômicos, na previsão de respostas terapêuticas e no monitoramento em tempo real, contribuindo para maior eficácia e redução de toxicidade. Contudo, persistem desafios relacionados à validação clínica, custos, regulamentação e questões éticas. **Conclusão:** Conclui-se que a associação entre nanotecnologia e inteligência artificial representa uma estratégia promissora para o avanço das terapias personalizadas contra o câncer. Apesar das limitações identificadas, os achados reforçam o potencial dessas tecnologias para transformar a prática oncológica, indicando a necessidade de investimentos contínuos em pesquisa translacional e estudos clínicos robustos. **Palavras-Chave:** Inteligência Artificial; Medicina de Precisão; Nanotecnologia; Oncologia; Terapias Personalizadas.

ABSTRACT

Objective: To systematically analyze recent scientific literature on the use of nanotechnology associated with artificial intelligence in the development of personalized therapies against cancer, highlighting technological advances, therapeutic applications, clinical benefits, and challenges for consolidating precision oncology. **Methodology:** This literature review was conducted between November and December 2025, following the methodological recommendations of Galvão, Pansani, and Harrad and the guidelines of the Joanna Briggs Institute. The PICO strategy was applied to formulate the research question. Searches were performed in the PubMed, Medline, Web of Science, and Cochrane Library databases using controlled descriptors combined with Boolean operators. Articles published between 2021 and 2025, available in full text in Portuguese, English, or Spanish, were included. Study selection followed the PRISMA flowchart, resulting in the final inclusion of 16 articles. **Results and Discussion:** The analyzed studies demonstrated a significant increase in research integrating nanotechnology and artificial intelligence in oncology. There was a predominance of lipid nanoparticles, biodegradable polymers, and hybrid systems associated with machine learning algorithms for optimizing design, controlled drug delivery, and patient stratification. Artificial intelligence proved essential for multi-omics data analysis, therapeutic response prediction, and real-time monitoring, contributing to increased efficacy and reduced toxicity. However, challenges related to clinical validation, costs, regulation, and ethical issues persist. **Conclusion:** The association between nanotechnology and artificial intelligence represents a promising strategy for advancing personalized cancer therapies. Despite the identified limitations, the findings reinforce the potential of these technologies to transform oncological practice, highlighting the need for continued investment in translational research and robust clinical studies.

Keywords: Artificial intelligence; Nanotechnology; Oncology; Personalized therapies; Precision medicine.

RESUMEN

Objetivo: Analizar de forma sistemática la producción científica reciente sobre el uso de la nanotecnología asociada a la inteligencia artificial en el desarrollo de terapias personalizadas contra el cáncer, destacando los avances tecnológicos, las aplicaciones terapéuticas, los beneficios clínicos y los desafíos para la consolidación de la oncología de precisión. **Metodología:** Se realizó una revisión de la literatura entre noviembre y diciembre de 2025, siguiendo las recomendaciones metodológicas de Galvão, Pansani y Harrad y las directrices del Instituto Joanna Briggs. Se utilizó la estrategia PICO para la formulación de la pregunta de investigación. Las búsquedas se llevaron a cabo en las bases de datos PubMed, Medline, Web of Science y Cochrane Library, utilizando descriptores controlados combinados con operadores booleanos. Se incluyeron artículos publicados entre 2021 y 2025, disponibles en texto completo en portugués, inglés o español. La selección de los estudios siguió el diagrama de flujo PRISMA, resultando en la inclusión final de 16 artículos. **Resultados y Discusión:** Los estudios analizados evidenciaron un crecimiento significativo de las investigaciones que integran nanotecnología e inteligencia artificial en oncología. Se observó el predominio de nanopartículas lipídicas, polímeros biodegradables y sistemas híbridos, asociados a algoritmos de aprendizaje automático para la optimización del diseño, la liberación controlada de fármacos y la estratificación de pacientes. La inteligencia artificial fue fundamental en el análisis de datos multiómicos, la predicción de respuestas terapéuticas y el monitoreo en tiempo real, contribuyendo a una mayor eficacia y a la reducción de la toxicidad. No obstante, persisten desafíos relacionados con la validación clínica, los costos, la regulación y las cuestiones éticas. **Conclusión:** Se concluye que la asociación entre nanotecnología e inteligencia artificial constituye una estrategia prometedora para el avance de las terapias personalizadas contra el cáncer. A pesar de las limitaciones identificadas, los hallazgos refuerzan el potencial de estas tecnologías para transformar la práctica oncológica, destacando la necesidad de inversiones continuas en investigación traslacional y estudios clínicos robustos.

Palabras Clave: Inteligencia artificial; Medicina de precisión; Nanotecnología; Oncología; Terapias personalizadas.

1. INTRODUÇÃO

O câncer representa uma das maiores causas de morbimortalidade no mundo, caracterizando-se por sua heterogeneidade biológica e complexidade terapêutica, o que desafia abordagens convencionais de tratamento (BHange; Telange, 2025). Nas últimas décadas, a nanomedicina emergiu como um campo promissor, capaz de desenvolver sistemas de liberação de fármacos que aumentam a especificidade de ação e reduzem efeitos adversos sistêmicos. Entretanto, a simples utilização de nanotecnologia não tem sido suficiente para responder às demandas de individualização terapêutica. Nesse sentido, a integração da inteligência artificial (IA) aos sistemas nanotecnológicos tem se destacado como um vetor transformador no desenvolvimento de terapias personalizadas contra o câncer .

A nanotecnologia permite manipular materiais na escala molecular e atômica para otimizar propriedades físico-químicas de fármacos e veículos de transporte, promovendo maior penetração tumoral e controle liberativo (Bhatia *et al.*, 2022). Contudo, apesar dos avanços em nanoestruturas e nanocarreadores, os desafios persistem relacionados à variabilidade tumoral e respostas individuais heterogêneas a terapias padronizadas. Essa lacuna evidencia a necessidade de abordagens que considerem características genéticas, moleculares e fenotípicas de pacientes individuais. A IA, por meio de modelos de aprendizado de máquina, pode analisar grandes volumes de dados biológicos e clínicos, favorecendo decisões terapêuticas mais precisas (Sheikh; Jirvankar, 2024).

A aplicação de IA no design de nanomedicamentos tem demonstrado potencial para aprimorar a seleção de partículas, prever interações com alvo biológico e otimizar estratégias de liberação de fármacos (Shirzad *et al.*, 2025). Técnicas como deep learning permitem reconhecer padrões complexos em dados genômicos e de imagem, o que contribui para a seleção de terapias mais eficazes para subgrupos específicos de pacientes. Essa convergência tecnológica favorece a transição da medicina tradicional baseada em populações para uma oncologia de precisão centrada no indivíduo. Assim, a integração de IA e nanotecnologia promete superar barreiras inerentes às terapias convencionais.

Além disso, abordagens computacionais avançadas têm sido utilizadas para modelar a entrega de nanopartículas em múltiplas escalas, desde o transporte vascular até a distribuição tecidual, aprimorando a eficácia terapêutica (Soltani *et al.*, 2021). A modelagem multi-escala auxiliada por IA permite simular cenários de resposta terapêutica e ajustar parâmetros de nanocarreadores conforme características fisiológicas específicas do paciente. Esses métodos *in silico* reduzem custos e tempo de desenvolvimento, além de permitir a personalização

preditiva de regimes terapêuticos antes da aplicação clínica. Tal abordagem oferece um arcabouço robusto para alinhar nanotecnologia com padrões individuais de tumorigênese.

A personalização terapêutica no câncer não se limita à entrega de fármacos, estendendo-se também à identificação de biomarcadores prognósticos e preditivos que orientam escolhas terapêuticas (Wang *et al.*, 2024). A IA é capaz de integrar dados multiômicos, incluindo genômica, transcriptômica e proteômica para mapear assinaturas moleculares associadas à sensibilidade a tratamentos específicos. Essa capacidade propicia não apenas terapias mais eficazes, mas também a minimização de toxicidade em pacientes que apresentam baixa probabilidade de resposta. Assim, a IA promove uma medicina verdadeiramente personalizada, alicerçada em evidências biológicas profundas.

Outro aspecto relevante refere-se à rapidez e precisão diagnóstica alcançadas por meio da IA em combinação com técnicas nanotecnológicas, como sensores inteligentes e plataformas de detecção em tempo real (Yee kuen; Masarudin, 2022). Sensores baseados em nanomateriais integrados a algoritmos inteligentes permitem detectar e monitorar células tumorais em estágios precoces, oferecendo informações valiosas que orientam intervenções terapêuticas oportunas. Tal integração tecnológica potencializa a detecção precoce e a adaptação dinâmica de regimes de tratamento personalizado, incrementando as chances de sucesso clínico.

Entretanto, apesar das perspectivas promissoras, a convergência de nanotecnologia e IA enfrenta desafios éticos, regulatórios e técnicos, como a necessidade de bases de dados robustas, interoperabilidade de sistemas e transparência nos algoritmos (BHange; Telange, Darshan., 2025). Questões relativas à privacidade de dados dos pacientes, vieses algorítmicos e equidade no acesso às tecnologias emergentes demandam atenção crítica no desenvolvimento dessas terapias. A literatura destaca a importância de diretrizes éticas e mecanismos de governança que garantam a segurança, eficácia e equidade dessas inovações na prática clínica.

Em síntese, o uso de nanotecnologia associada à inteligência artificial representa uma fronteira inovadora no desenvolvimento de terapias personalizadas contra o câncer, articulando avanços em biomateriais, ciência de dados e medicina de precisão. Estudos recentes revelam que a integração dessas áreas pode otimizar desde a concepção de nanocarreadores até a definição de regimes terapêuticos individualizados, promovendo tratamentos mais eficientes e menos tóxicos (Butner *et al.*, 2022).

O presente trabalho tem como objetivo analisar, de forma sistemática e crítica, a produção científica recente sobre o uso da nanotecnologia associada à inteligência artificial no

desenvolvimento de terapias personalizadas contra o câncer, destacando os avanços tecnológicos, as aplicações no contexto oncológico e as contribuições dessas abordagens para o aumento da eficácia terapêutica, a redução de efeitos adversos e o fortalecimento da medicina de precisão.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo do tipo revisão de literatura, realizado no período de Novembro de 2025 a Dezembro de 2025, com o objetivo de identificar, analisar e sintetizar as evidências científicas disponíveis acerca da aplicação da nanotecnologia associada à inteligência artificial no desenvolvimento de terapias personalizadas contra o câncer. O estudo buscou compreender os principais avanços tecnológicos, desafios clínicos e contribuições dessas abordagens para a medicina de precisão oncológica, conforme metodologias recomendadas por Galvão, Pansani e Harrad (2015) e pelas diretrizes do Instituto Joanna Briggs (JBI, 2022).

A condução da revisão seguiu cinco etapas metodológicas bem definidas: (1) formulação da questão de pesquisa, com delimitação clara do objetivo do estudo; (2) identificação dos estudos relevantes por meio de buscas sistemáticas em bases de dados científicas; (3) seleção dos estudos, mediante aplicação rigorosa de critérios de inclusão e exclusão; (4) extração dos dados, contemplando informações sobre tipos de nanotecnologias, aplicações da inteligência artificial, contextos terapêuticos e principais resultados; e (5) síntese e análise crítica das evidências, visando identificar tendências, lacunas e perspectivas futuras no campo da oncologia personalizada (Galvão; Pansani; Harrad, 2015; JBI, 2022).

Para a definição do objeto de estudo, foi utilizada a estratégia **PICo**, conforme proposta por Santos, Pimenta e Nobre (2007). O componente **P (População)** correspondeu a pacientes oncológicos adultos; **I (Interesse)** referiu-se ao uso de nanotecnologia associada à inteligência artificial no desenvolvimento e na otimização de terapias personalizadas; e **Co (Contexto)** envolveu o cenário da medicina de precisão e das limitações das terapias oncológicas convencionais. A partir dessa estrutura, a seguinte questão de pesquisa foi elaborada: “Como a associação entre nanotecnologia e inteligência artificial tem contribuído para o desenvolvimento de terapias personalizadas no tratamento do câncer?”

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed, Medline, Web of Science e Cochrane Library, consideradas relevantes para a área da saúde e das ciências biomédicas. Adicionalmente, o Google Acadêmico foi consultado com a finalidade de identificar estudos complementares de relevância científica. A definição dos descritores

ocorreu por meio da consulta ao DeCS/MeSH, disponibilizado pela Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), de acordo com os objetivos e a questão norteadora do estudo.

Os termos utilizados nas estratégias de busca, combinados por operadores booleanos AND e OR, incluíram: (“*Nanotechnology*”) AND (“*Artificial Intelligence*”) AND (“*Cancer*”) AND (“*Personalized Therapy*” OR “*Precision Medicine*”). As buscas foram realizadas no idioma inglês, considerando a maior concentração de publicações científicas relevantes na área, e ajustadas conforme as especificidades de cada base de dados.

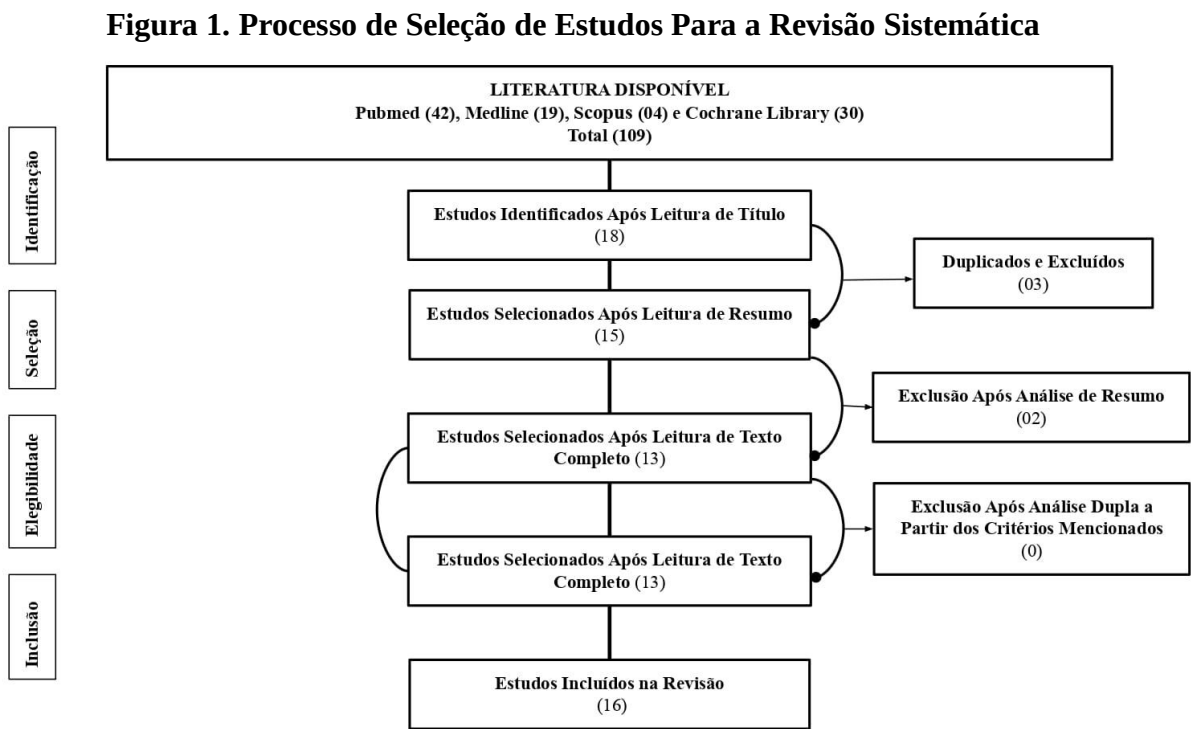
Na etapa de seleção dos estudos, adotou-se e adaptou-se o modelo de fluxograma proposto por Galvão, Pansani e Harrad (2015), contemplando quatro subetapas: (1) identificação dos estudos nas bases de dados; (2) triagem por meio da leitura de títulos e resumos; (3) avaliação da elegibilidade com aplicação dos critérios de inclusão e exclusão; e (4) inclusão final dos estudos selecionados, realizada de forma criteriosa pelo autor, com base na relevância científica e metodológica.

Os critérios de inclusão compreenderam artigos científicos publicados entre 2021 e 2025, disponíveis na íntegra, nos idiomas português, inglês ou espanhol, que abordassem diretamente a aplicação da nanotecnologia associada à inteligência artificial no desenvolvimento de terapias personalizadas contra o câncer. Foram excluídos estudos duplicados, trabalhos que não apresentassem relação direta com o tema, pesquisas exclusivamente pré-clínicas sem interface com aplicações terapêuticas, bem como revisões narrativas sem descrição metodológica sistemática.

3. RESULTADOS

O PRISMA foi utilizado para apresentar o fluxo de seleção dos estudos incluídos nesta revisão sistemática sobre o uso da nanotecnologia associada à inteligência artificial no desenvolvimento de terapias personalizadas contra o câncer. Inicialmente, foram identificados 109 estudos nas bases de dados MedLine (19), PubMed (42), Scopus (4) e *Cochrane Library* (30). Após a leitura dos títulos, 18 estudos foram selecionados, sendo excluídos 3 artigos duplicados. Na etapa de análise dos resumos, 15 estudos foram mantidos, com a exclusão de 2 por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Posteriormente, na leitura do texto completo, 13 estudos foram selecionados pelo primeiro revisor e validados pelo segundo. Após busca complementar e atualização da triagem, mais 3 estudos foram incluídos por atenderem plenamente aos critérios metodológicos e temáticos, totalizando 16 estudos na revisão final. O

processo de seleção está representado na Figura 1, que apresenta o Fluxograma PRISMA adaptado com o detalhamento das etapas realizadas.



Fonte: Autores, 2025.

A análise temporal das publicações evidenciou um crescimento significativo dos estudos que associam nanotecnologia e inteligência artificial no tratamento oncológico, especialmente a partir de 2021. Esse aumento reflete o avanço das tecnologias digitais aplicadas à saúde e a consolidação da medicina de precisão como estratégia central na oncologia contemporânea. Os estudos analisados indicam que a convergência dessas áreas tem permitido maior compreensão da heterogeneidade tumoral e melhor direcionamento terapêutico. Tal cenário reforça o papel da inovação tecnológica na transformação dos modelos tradicionais de cuidado em câncer (BHange; Telange, 2025).

No que se refere às nanotecnologias empregadas, observou-se predominância do uso de nanopartículas lipídicas, polímeros biodegradáveis, nanopartículas metálicas e sistemas híbridos multifuncionais. Esses nanocarreadores foram desenvolvidos com o objetivo de melhorar a estabilidade dos fármacos, aumentar a biodisponibilidade e favorecer o acúmulo seletivo no tecido tumoral. A literatura aponta que tais sistemas contribuem para a redução de efeitos colaterais sistêmicos, um dos principais desafios das terapias antineoplásicas convencionais (Bhatia *et al.*, 2022).

A inteligência artificial foi amplamente aplicada no planejamento e na otimização dessas nanoestruturas, especialmente por meio de algoritmos de aprendizado de máquina e redes neurais profundas. Essas ferramentas computacionais possibilitaram prever interações entre nanopartículas e células tumorais, além de ajustar propriedades físico-químicas dos nanocarreadores. Os estudos indicam que o uso da IA reduz o tempo de desenvolvimento experimental e aumenta a eficiência das formulações terapêuticas, tornando o processo mais preciso e reproduzível (Butner *et al.*, 2022).

Outro aspecto relevante identificado nos estudos foi a aplicação da inteligência artificial na estratificação de pacientes oncológicos. A integração de dados genômicos, proteômicos, clínicos e de imagem permitiu identificar perfis tumorais específicos e prever respostas individuais às terapias. Essa abordagem favorece a seleção de tratamentos personalizados, reduzindo a exposição dos pacientes a terapias ineficazes. Assim, a IA contribui diretamente para a consolidação da oncologia de precisão baseada em dados (Chou *et al.*, 2025).

Em relação aos tipos de câncer abordados, observou-se maior concentração de estudos em câncer de mama, pulmão, colorretal e glioblastoma. Esses tumores apresentam elevada complexidade biológica e heterogeneidade molecular, o que justifica o uso de estratégias terapêuticas personalizadas. Os resultados demonstraram melhora significativa na resposta terapêutica e no controle da progressão tumoral quando comparadas às abordagens convencionais, evidenciando o potencial clínico dessas tecnologias (Das *et al.*, 2023).

A literatura analisada também destacou o uso da inteligência artificial no monitoramento terapêutico em tempo real. Sistemas inteligentes foram utilizados para analisar imagens médicas, dados laboratoriais e biomarcadores circulantes, permitindo ajustes dinâmicos nos regimes terapêuticos. Essa capacidade de adaptação contínua contribui para a detecção precoce de falhas terapêuticas e para a otimização do tratamento ao longo do tempo (Devarajan, 2025).

Apesar dos avanços observados, os estudos apontaram desafios importantes para a implementação clínica dessas abordagens. Entre os principais obstáculos estão a complexidade regulatória, os elevados custos de desenvolvimento e a necessidade de validação clínica em larga escala. Além disso, a padronização dos algoritmos e a reprodutibilidade dos resultados ainda representam limitações que precisam ser superadas para a ampla adoção dessas tecnologias (Govindan *et al.*, 2023).

Questões éticas e legais também foram amplamente discutidas nos estudos incluídos. O uso de inteligência artificial envolve a manipulação de grandes volumes de dados sensíveis,

como informações genéticas e clínicas, exigindo rigorosos protocolos de segurança e privacidade. Os autores ressaltam a importância da transparência algorítmica e da mitigação de vieses, a fim de garantir decisões clínicas seguras e equitativas (Hayat *et al.*, 2021).

Outro ponto enfatizado refere-se à necessidade de atuação multidisciplinar no desenvolvimento dessas terapias. A integração entre profissionais da saúde, engenheiros, cientistas de dados e pesquisadores em nanotecnologia foi apontada como essencial para o sucesso das aplicações clínicas. Essa colaboração favorece soluções mais robustas e alinhadas às necessidades reais dos pacientes oncológicos (Heydari *et al.*, 2024).

Os estudos também indicaram que a personalização terapêutica contribui para maior adesão dos pacientes ao tratamento. Regimes terapêuticos ajustados ao perfil individual tendem a apresentar menor toxicidade e melhor tolerabilidade, fatores que influenciam positivamente a continuidade do cuidado. Dessa forma, a nanotecnologia associada à IA impacta não apenas a eficácia clínica, mas também a qualidade de vida dos pacientes (Jia *et al.*, 2021).

No âmbito da pesquisa translacional, observou-se avanço significativo na utilização da inteligência artificial para acelerar a transição do laboratório para a prática clínica. A IA tem sido empregada na seleção de candidatos a ensaios clínicos e na predição de desfechos terapêuticos, reduzindo falhas em fases iniciais. Esses avanços contribuem para maior eficiência no desenvolvimento de novas terapias oncológicas (Samathoti *et al.*, 2025).

Entretanto, a literatura destaca que a maioria dos estudos ainda se encontra em fases pré-clínicas ou iniciais de ensaios clínicos. Isso limita a generalização dos resultados e reforça a necessidade de estudos longitudinais e multicêntricos. A validação em populações diversas é fundamental para assegurar a segurança e a eficácia dessas terapias em diferentes contextos clínicos (Mazumdar *et al.*, 2021).

Embora, os resultados desta revisão evidenciam que a associação entre nanotecnologia e inteligência artificial representa uma estratégia promissora para o desenvolvimento de terapias personalizadas contra o câncer. Apesar dos desafios técnicos, éticos e regulatórios, os avanços observados entre 2021 e 2025 indicam um cenário favorável para a incorporação dessas tecnologias na oncologia moderna, reforçando a importância do investimento contínuo em pesquisa, inovação e políticas públicas de saúde.

4. CONCLUSÃO

A presente revisão de literatura evidenciou que a associação entre nanotecnologia e inteligência artificial constitui uma abordagem inovadora e promissora no desenvolvimento de terapias personalizadas contra o câncer. A integração dessas tecnologias tem possibilitado avanços significativos na compreensão da heterogeneidade tumoral, no direcionamento mais preciso dos tratamentos e na otimização da eficácia terapêutica, ao mesmo tempo em que contribui para a redução de efeitos adversos comumente associados às terapias oncológicas convencionais.

Os achados demonstram que o uso de nanocarreadores inteligentes aliados a algoritmos de inteligência artificial favorece o desenho racional de terapias, a estratificação de pacientes e o monitoramento contínuo da resposta ao tratamento. Essa convergência tecnológica reforça a transição da oncologia tradicional para a medicina de precisão, centrada nas características biológicas individuais e no uso estratégico de dados clínicos e moleculares para a tomada de decisão terapêutica.

Apesar dos avanços observados, a revisão também aponta desafios relevantes para a consolidação dessas abordagens na prática clínica, incluindo questões regulatórias, éticas, econômicas e metodológicas. A necessidade de validação clínica em larga escala, a padronização dos sistemas baseados em inteligência artificial e a garantia da segurança e privacidade dos dados dos pacientes permanecem como aspectos essenciais a serem superados para a ampla implementação dessas tecnologias.

Dessa forma, conclui-se que a nanotecnologia associada à inteligência artificial representa um campo em expansão, com elevado potencial de impacto na oncologia moderna. O fortalecimento de pesquisas translacionais, o investimento em estudos clínicos robustos e a articulação entre ciência, tecnologia e políticas públicas são fundamentais para viabilizar a incorporação dessas inovações, contribuindo para tratamentos mais eficazes, seguros e personalizados no enfrentamento do câncer.

REFERÊNCIAS

BHANGE, M.; TELANGE, D. Convergência da nanotecnologia e da inteligência artificial na luta contra o câncer de fígado: uma revisão abrangente. **Discover Oncology**, v. 16, n. 1, p. 77, 2025.

BHATIA, S. N. *et al.* Nanomedicina do câncer. **Nature Reviews Cancer**, v. 22, n. 10, p. 550-556, 2022.

BUTNER, J. D. *et al.* Modelagem matemática da imunoterapia contra o câncer para tradução clínica personalizada. **Nature computational science**, v. 2, n. 12, p. 785-796, 2022.

CHOU, W. *et al.* Aprendizado de máquina e inteligência artificial em nanomedicina. **Revisões interdisciplinares de Wiley: Nanomedicina e nanobiotecnologia**, v. 17, n. 4, p. e70027, 2025.

DAS, K. P. Nanoparticles and convergence of artificial intelligence for targeted drug delivery for cancer therapy: Current progress and challenges. **Frontiers in Medical Technology**, v. 4, p. 1067144, 2023.

DEVARAJAN, A. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina em Terapias Baseadas em Nano-Câncer de Mama. **Nanomedicina de Próxima Geração para Câncer de Mama: Do Laboratório ao Cuidado do Paciente e Além**, p. 220, 2025.

GALVÃO, T. F; PANSANI, T.S. A; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 24, p. 335-342, 2015.

GOVINDAN, B. *et al.* A review of advanced multifunctional magnetic nanostructures for cancer diagnosis and therapy integrated into an artificial intelligence approach. **Pharmaceutics**, v. 15, n. 3, p. 868, 2023.

HAYAT, H. *et al.* Uma análise concisa: a sinergia entre inteligência artificial e nanomateriais biomédicos que fortalece a nanomedicina. **Materiais Biomédicos**, v. 16, n. 5, p. 052001, 2021.

HEYDARI, S. *et al.* Inteligência artificial em nanotecnologia para tratamento de doenças. **Journal of Drug Targeting**, v. 32, n. 10, p. 1247-1266, 2024.

JB I - JOANNA BRIGGS INSTITUTE. **Evidence Implementation Training Program**. 2022.

JIA, Y. *et al.* O aprendizado de máquina impulsiona o design e a descoberta de nanomateriais. **ACS Química e Engenharia Sustentável**, v. 9, n. 18, p. 6130-6147, 2021.

MAZUMDAR, H. *et al.* Inteligência artificial para nanomedicina personalizada; Desde a seleção de materiais até os resultados dos pacientes. **Opinião Especializada sobre Administração de Medicamentos**, v. 22, n. 1, p. 85-108, 2025.

SAMATHOTI, P. *et al.* O papel da nanomedicina e da inteligência artificial na saúde oncológica: aplicações individuais e integrações emergentes — uma revisão narrativa. **Discover Oncology**, v. 16, n. 1, p. 697, 2025.

SANTOS, C. M. C; PIMENTA, C. A. M; NOBRE, M. R. C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista latino-americana de enfermagem**, v. 15, p. 508-511, 2007.

SHEIKH, M.; JIRVANKAR, P. S. Aproveitando a inteligência artificial para aprimorar o design de nanopartículas em oncologia de precisão. **AIMS Bioengenharia**, v. 11, n. 4, p. 574-597, 2024.

SHIRZAD, M. *et al.* Artificial Intelligence-Assisted Design of Nanomedicines for Breast Cancer Diagnosis and Therapy: Advances, Challenges, and Future Directions. **BioNanoScience**, v. 15, n. 3, p. 354, 2025.

SOLTANI, M. *et al.* Aprimorar a tradução clínica do câncer usando nanoinformática. **Cânceres**, v. 13, n. 10, p. 2481, 2021.

WANG, J. *et al.* Aplicação da inteligência artificial no diagnóstico de câncer e nanomedicina tumoral. **Nanoscale**, v. 16, n. 30, p. 14213-14246, 2024.

YEE KUEN, C.; MASARUDIN, M. J. Chitosan nanoparticle-based system: A new insight into the promising controlled release system for lung cancer treatment. **Molecules**, v. 27, n. 2, p. 473, 2022.