REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

POTENCIAL FITOTERÁPICO DO CRAVO-DE-DEFUNTO (*TAGETES SPP.*) E SUAS APLICAÇÕES EM NANOTECNOLOGIA: UM ESTUDO DE REVISÃO

PHYTOTHERAPEUTIC POTENTIAL OF MARIGOLD (TAGETES SPP.) AND ITS APPLICATIONS IN NANOTECHNOLOGY: A REVIEW STUDY

POTENCIAL FITOTERAPÉUTICO DEL CLAVEL DE MORO (TAGETES SPP.) Y SUS APLICACIONES EN NANOTECNOLOGÍA: UN ESTUDIO DE REVISIÓN

Valdemar Matos Paula
Doutorando em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: Vldmrmatos@gmail.com

Alan Augusto Nobre Feitosa
Professor no Instituto Federal de Pernambuco – Campus Vitória de Santo Antão, Brasil
Email: alan.feitosa@vitoria.ifpe.edu.br

Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez
Professor e pós-Doutor em Nanociências e Nanobiotecnologia, Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: Anselmo.rodriguez@ufac.com

Amauri Siviero
Doutor e Pesquisador em Agronomia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Acre, Brasil
E-mail: amauri.siviero@embrapa.br

Resumo

O cravo-de-defunto *Tagetes spp.* é uma planta de ampla distribuição geográfica, pertencente à família Asteraceae, reconhecida tanto pelo valor ornamental quanto pelo potencial fitoterápico. Estudos indicam que seus extratos concentram metabólitos secundários, como flavonoides, carotenoides, terpenos e óleos essenciais, associados a múltiplas atividades biológicas. Entre as principais ações descritas na literatura destacam-se efeitos antimicrobianos, antifúngicos, antiparasitários, antioxidantes e anti-inflamatórios, o que sustenta seu uso tradicional e impulsiona investigações farmacológicas contemporâneas. No contexto das nanotecnologias, *Tagetes spp.* vêm sendo explorada como fonte natural para a síntese verde de nanopartículas metálicas e poliméricas por rotas ambientalmente sustentáveis. Evidências recentes apontam que nanopartículas de prata, ouro,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

zinco e óxidos metálicos obtidas a partir de extratos vegetais podem apresentar maior estabilidade e potencialização de propriedades bioativas, especialmente no controle microbiano, quando comparadas a formas convencionais. Essas nanopartículas têm aplicações promissoras em sistemas de liberação controlada de fármacos, cosméticos com finalidade antioxidante, embalagens biodegradáveis com ação antimicrobiana e alternativas para manejo agrícola. Apesar dos avanços, permanecem desafios relacionados à padronização de métodos de extração, à caracterização dos compostos ativos e à avaliação toxicológica em modelos pré-clínicos e humanos. Assim, este artigo realiza uma revisão crítica sobre *Tagetes spp.*, abordando sua fitoquímica, efeitos terapêuticos e aplicações emergentes na nanotecnologia verde, além de indicar lacunas e perspectivas para pesquisas futuras.

Palavras-chave: *Tagetes spp.*; Fitoterapia; Nanotecnologia verde; Metabólitos secundários; Nanopartículas

Abstract

Marigold *Tagetes spp.* is a widely distributed plant from the Asteraceae family, valued for both ornamental use and phytotherapeutic potential. Studies report that its extracts contain diverse secondary metabolites, including flavonoids, carotenoids, terpenes, and essential oils, which are associated with multiple biological activities. The most frequently described effects include antimicrobial, antifungal, antiparasitic, antioxidant, and anti-inflammatory actions, supporting its traditional use and encouraging modern pharmacological research. In the context of nanotechnology, *Tagetes spp.* has emerged as a relevant natural source for green synthesis of metallic and polymeric nanoparticles through environmentally sustainable routes. Recent evidence suggests that silver, gold, zinc, and metal oxide nanoparticles produced using plant extracts may exhibit improved stability and enhanced bioactivity, particularly against microorganisms, compared with conventional forms. Such nanoparticles show promising applications in controlled drug delivery systems, antioxidant-oriented cosmetic formulations, antimicrobial biodegradable packaging, and alternative agricultural strategies. However, major challenges remain regarding extraction standardization, active-compound characterization, and toxicological assessment in preclinical and human models. Therefore, this review critically discusses *Tagetes spp.* phytochemistry, therapeutic effects, and emerging applications in green nanotechnology, highlighting research gaps and future perspectives.

Keywords: *Tagetes spp.;* Phytotherapy; Green nanotechnology; Secondary metabolites; Nanoparticles.

Resumen

El clavel de moro *Tagetes spp.* es una planta de amplia distribución geográfica, perteneciente a la

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

familia Asteraceae, reconocida por su valor ornamental y su potencial fitoterapéutico. La literatura señala que sus extractos contienen metabolitos secundarios como flavonoides, carotenoides, terpenos y aceites esenciales, vinculados a diversas actividades biológicas. Entre los efectos más reportados se encuentran acciones antimicrobianas, antifúngicas, antiparasitarias, antioxidantes y antiinflamatorias, lo que respalda su uso tradicional e impulsa investigaciones farmacológicas actuales. En el campo de la nanotecnología, *Tagetes spp*. se ha destacado como fuente natural para la síntesis verde de nanopartículas metálicas y poliméricas mediante rutas ambientalmente sostenibles. Evidencias recientes indican que nanopartículas de plata, oro, zinc y óxidos metálicos obtenidas a partir de extractos vegetales pueden presentar mayor estabilidad y bioactividad mejorada, especialmente frente a microorganismos, en comparación con formas convencionales. Estas nanopartículas muestran aplicaciones prometedoras en sistemas de liberación controlada de fármacos, cosméticos con finalidad antioxidante, envases biodegradables con acción antimicrobiana y alternativas para el manejo agrícola. No obstante, persisten desafíos relacionados con la estandarización de los métodos de extracción, la caracterización de compuestos activos y la evaluación toxicológica en modelos preclínicos y humanos. En este sentido, esta revisión analiza críticamente la fitoquímica, los efectos terapéuticos y las aplicaciones emergentes de *Tagetes spp*. en nanotecnología verde, destacando vacíos y perspectivas para futuras investigaciones.

Palabras clave: *Tagetes spp*.; Fitoterapia; Nanotecnología verde; Metabolitos secundarios; Nanopartículas.

1. Introdução

O uso de plantas medicinais acompanha a humanidade desde tempos remotos, representando uma das formas mais antigas de cuidado com a saúde e baseando-se na utilização de metabólitos vegetais para prevenir e tratar doenças. Entre as espécies mais valorizadas, o cravo-de-defunto (*Tagetes spp.*) destaca-se por sua ampla distribuição geográfica e pela diversidade de compostos bioativos presentes em sua composição química, o que tem despertado crescente interesse da comunidade científica (KUMAR; YADAV, 2021).

A fitoterapia, enquanto ciência que estuda o uso terapêutico das plantas, ganhou reconhecimento a partir do desenvolvimento de metodologias de extração,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

isolamento e caracterização de compostos ativos. Neste cenário, *Tagetes erecta* e *Tagetes patula* têm sido alvo de pesquisas por apresentarem atividades antimicrobianas, anti-inflamatórias, antioxidantes e antiparasitárias, justificando sua aplicação tanto na medicina tradicional quanto no desenvolvimento de fármacos modernos (AGGARWAL et al., 2021).

Os principais metabólitos secundários encontrados no cravo-de-defunto incluem flavonoides, terpenos, carotenoides e óleos essenciais. Esses compostos apresentam efeitos protetores contra estresse oxidativo e microrganismos patogênicos, além de atuarem na modulação de processos inflamatórios. Estudos recentes demonstraram que extratos da planta são eficazes na inibição de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, bem como de fungos como *Candida albicans* (SINGH et al., 2022).

Com o avanço da nanotecnologia, surgiu a possibilidade de empregar plantas medicinais como agentes redutores e estabilizadores na síntese de nanopartículas metálicas. Essa abordagem, conhecida como síntese verde, tem como diferencial a utilização de extratos vegetais para substituir reagentes químicos tóxicos, resultando em processos mais sustentáveis e com menor impacto ambiental (MAHATO et al., 2023).

No caso do cravo-de-defunto, estudos demonstram a eficácia de seus extratos na produção de nanopartículas de prata, ouro, zinco e óxido de ferro, que apresentam propriedades antimicrobianas e antioxidantes superiores às formas tradicionais. Tais avanços consolidam o potencial desta espécie como fonte de biomoléculas aplicáveis à nanotecnologia verde (AGGARWAL et al., 2021).

A interface entre fitoterapia e nanotecnologia amplia o espectro de aplicação do cravo-de-defunto. Além da medicina, pesquisas apontam usos em cosméticos antienvelhecimento, embalagens biodegradáveis com ação antimicrobiana e formulações agrícolas que contribuem para práticas mais sustentáveis no manejo de pragas (SINGH et al., 2022).

Entretanto, a consolidação do uso do cravo-de-defunto em aplicações nanotecnológicas ainda enfrenta desafios. A ausência de padronização nos métodos de extração e síntese, bem como a necessidade de avaliações

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

toxicológicas aprofundadas, limita sua utilização em larga escala e dificulta a regulamentação por órgãos de saúde (WHO, 2020).

Outro aspecto relevante é a escassez de estudos clínicos que comprovem a eficácia e segurança dos produtos derivados de *Tagetes spp.* em modelos humanos. Embora os ensaios in vitro e em modelos animais apresentem resultados promissores, a transposição desses achados para a prática clínica demanda investigações adicionais e rigor metodológico (KUMAR; YADAV, 2021).

A pesquisa interdisciplinar envolvendo farmacologia, biotecnologia e engenharia de materiais é crucial para o avanço nesta área. A integração entre conhecimentos tradicionais e tecnologias modernas possibilita a descoberta de novas aplicações e fortalece a inovação em setores estratégicos como saúde, cosméticos e agricultura (MAHATO et al., 2023).

Diante desse contexto, este artigo teve como objetivo revisar criticamente a literatura científica sobre o potencial fitoterápico do cravo-de-defunto e suas aplicações emergentes em nanotecnologia. A análise contempla a caracterização fitoquímica, as evidências farmacológicas, os avanços em síntese verde de nanopartículas e as perspectivas futuras, contribuindo para ampliar o entendimento sobre esta espécie vegetal e seu papel na biotecnologia contemporânea.

2. Revisão da Literatura

O gênero *Tagetes* (Asteraceae), conhecido popularmente como cravo-de-defunto, é amplamente citado na literatura por sua relevância etnobotânica e por seu potencial como fonte de compostos bioativos de interesse farmacológico. Revisões sobre *Tagetes erecta* e outras espécies do gênero destacam a diversidade de aplicações tradicionais e a ampliação do interesse científico diante de evidências experimentais sobre bioatividade e composição química, consolidando *Tagetes* como objeto recorrente de estudos em farmacognosia e fitoterapia (BAIRWA et al., 2012; KUMAR; YADAV, 2021).

Do ponto de vista fitoquímico, os estudos apontam que extratos e frações

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

de *Tagetes* apresentam metabólitos secundários com reconhecida atividade biológica, incluindo flavonoides, carotenoides, terpenóides e constituintes de óleos essenciais. Essa composição é frequentemente associada a propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, uma vez que moléculas fenólicas e flavonóídicas podem atuar na neutralização de radicais livres e na modulação de vias relacionadas ao estresse oxidativo e inflamação (BAIRWA et al., 2012; KUMAR et al., 2020; KUMAR; YADAV, 2021).

Em consonância com esse perfil químico, evidências experimentais indicam atividade antioxidante expressiva em preparações de *T. erecta*, reforçando a relação entre concentração de compostos fenólicos/flavonoídicos e desempenho biológico observado em ensaios in vitro. A discussão sobre esses resultados tem sido mobilizada para fundamentar aplicações potenciais em formulações terapêuticas e cosméticas, sobretudo quando se considera o papel de antioxidantes naturais na proteção contra danos celulares e degradação oxidativa (KUMAR et al., 2020; GHOSH et al., 2019).

Entre as atividades farmacológicas mais recorrentes na literatura sobre *Tagetes*, a ação antimicrobiana ocupa posição central. Estudos descrevem inibição do crescimento microbiano por diferentes extratos, o que sustenta tanto o uso tradicional quanto o interesse em aplicações tecnológicas e biomédicas. Além disso, revisões ressaltam que variações no tipo de solvente, parte vegetal utilizada e condições de extração podem influenciar diretamente o perfil de compostos e, consequentemente, a potência antimicrobiana reportada (GUPTA et al., 2019; KUMAR; YADAV, 2021).

Outras evidências ampliam o escopo terapêutico atribuído ao gênero. Em farmacologia experimental, há relatos de potencial hepatoprotetor de *T. erecta* em modelos animais, sugerindo aplicabilidade em contextos de injúria hepática, ainda que a extrapolação para humanos dependa de validação toxicológica e clínica mais robusta (CHADHA et al., 2016). De forma complementar, estudos com *Tagetes lucida* descrevem atividade antiparasitária, indicando que o gênero também pode contribuir para estratégias alternativas no enfrentamento de parasitos e doenças associadas (PÉREZ-GUTIÉRREZ; ZAVALA-SÁNCHEZ, 2006).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

Paralelamente à consolidação de evidências farmacológicas, cresce o interesse em integrar biomoléculas vegetais a processos tecnológicos mais limpos, o que aproxima *Tagetes* do paradigma da nanotecnologia verde. Revisões sobre síntese verde apontam que extratos de plantas podem atuar como agentes redutores e estabilizantes na produção de nanopartículas, substituindo reagentes tóxicos por rotas ambientalmente sustentáveis. Nessa lógica, o "capping" orgânico derivado do extrato pode favorecer estabilidade coloidal e influenciar propriedades bioativas das nanopartículas resultantes (MOUSAVI et al., 2018; MAHATO et al., 2023).

No caso específico de *Tagetes*, há estudos descrevendo síntese verde de nanopartículas de prata utilizando extrato de *T. erecta*, com avaliação de atividades antimicrobiana e antioxidante associadas ao material nanoestruturado. Esses achados reforçam a hipótese de que nanoestruturas mediadas por extratos vegetais podem potencializar efeitos observados em extratos convencionais, seja por aumento de área superficial e interação com microrganismos, seja pela sinergia entre o metal e o recobrimento orgânico de compostos bioativos (AGGARWAL et al., 2021; MAHATO et al., 2023).

As aplicações relatadas para nanopartículas e nanocompósitos com base vegetal abrangem diferentes setores. Na saúde, destacam-se sistemas de liberação de fármacos e estratégias de nanomedicina que dependem criticamente das propriedades físico-químicas das partículas (PATIL et al., 2021; NARAYANAN et al., 2020). Em produtos de cuidado pessoal, a literatura aponta a expansão de nanocosméticos incorporando ativos vegetais com finalidade funcional e antioxidante (GHOSH et al., 2019). No setor de materiais, enfatizam-se embalagens biodegradáveis com ação antimicrobiana (KUMAR; KAUR, 2021) e, na agricultura, propostas de uso de nanoestruturas como alternativas em proteção de cultivos e manejo mais sustentável (RAI et al., 2018).

Apesar desse cenário promissor, a literatura enfatiza limitações importantes para a consolidação e escalonamento das aplicações. Uma delas é a necessidade de avaliação de segurança e toxicidade, pois nanopartículas podem apresentar efeitos adversos dependentes de dose, tamanho, forma e recobrimento superficial,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

inclusive quando sintetizadas por rotas “verdes” (SANKAR et al., 2019; NARAYANAN et al., 2020).

Soma-se a isso a demanda por padronização de métodos de extração, síntese e caracterização, bem como por alinhamento a diretrizes e estruturas de avaliação de risco e regulação de nanomateriais, o que condiciona a translação para produtos e uso em larga escala (OECD, 2021; WHO, 2020).

3. Metodologia da Revisão

A presente investigação caracteriza-se como uma revisão integrativa de literatura, com síntese qualitativa e abordagem de escopo, voltada a mapear evidências sobre (i) a composição fitoquímica e bioatividades atribuídas a espécies do gênero Tagetes e (ii) o emprego de extratos/biomoléculas vegetais em rotas de síntese verde e aplicações em nanotecnologia.

Para aumentar a transparência do processo, a estratégia de identificação e seleção foi inspirada nas diretrizes PRISMA, sem pretensão de meta-análise ou de avaliação formal de risco de viés em cada delineamento (PAGE et al., 2021).

A pergunta norteadora deste estudo foi: Quais evidências experimentais e revisões recentes descrevem compostos bioativos, atividades biológicas e aplicações nanotecnológicas associadas a Tagetes spp.? Seguindo as seguintes fontes de informação: PubMed, Scopus, ScienceDirect e Google Scholar. A última busca foi realizada em março de 2025, contemplando publicações entre janeiro de 2000 e março de 2025.

Combinaram-se descritores e palavras-chave em português e inglês. Um exemplo de string-base (adaptada a cada base) foi: (Tagetes OR marigold) AND (phytochemical* OR flavonoid* OR carotenoid* OR essential oil* OR medicinal) AND (nanotechnolog* OR nanoparticle* OR "green synthesis" OR nanomaterial*). Foram utilizados operadores booleanos, aspas para termos compostos e truncamentos quando disponíveis (GUSENBAUER & HADDAWAY, 2020).

Os critérios de inclusão deste estudo foram: (a) artigos originais experimentais, estudos in vitro/in vivo, e revisões de literatura revisadas por pares; (b) foco em *Tagetes spp*. (com identificação da espécie e/ou parte vegetal) e/ou em

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

síntese verde de nanomateriais mediada por extratos/compostos de *Tagetes*; (c) descrição de resultados fitoquímicos, bioatividades ou parâmetros relevantes de nanotecnologia (p.ex., caracterização, desempenho biológico ou aplicação). Idiomas: português, inglês e espanhol.

Os critérios de exclusão adotados por este foram: estudos restritos ao uso ornamental/agronômico sem interface com fitoquímica, bioatividade ou nanotecnologia; duplicatas; resumos de congresso sem texto completo; e trabalhos que não reportassem dados mínimos para a síntese (espécie/parte vegetal e resultados/descrições metodológicas básicas).

No processo de seleção houve: (1) remoção de duplicatas; (2) triagem por título e resumo; (3) avaliação do texto completo. Para rastreabilidade, registraram-se os principais motivos de exclusão na etapa de texto completo (escopo divergente, ausência de dados experimentais, ou falta de descrição mínima dos procedimentos).

Assim, para cada estudo incluído foram extraídas informações sobre espécie e parte vegetal, tipo de extrato/solvente quando aplicável, classes de metabólitos/compostos reportados, delineamento (revisão, in vitro, in vivo), desfechos biológicos e, no componente nanotecnológico, tipo de nanomaterial, condições gerais de síntese e métodos de caracterização (quando informados). Os estudos foram classificados por nível de evidência (Quadro 1) para apoiar a leitura crítica.

Os achados foram integrados por análise narrativa, destacando convergências, limitações metodológicas recorrentes e lacunas para pesquisa (p.ex., padronização de extração e síntese, heterogeneidade de modelos biológicos, e insuficiência de dados toxicológicos e clínicos).

4. Resultados e Discussão

Potencial Fitoterápico do Cravo-de-Defunto (*Tagetes spp.*)

Para evitar generalizações entre espécies, as evidências são apresentadas considerando principalmente *T. erecta, T. patula e T. lucida*, quando a identificação taxonômica foi reportada. Além disso, os estudos são discutidos conforme o nível de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

evidência (revisões, ensaios in vitro e ensaios in vivo), o que permite qualificar o grau de maturidade das aplicações sugeridas.

O levantamento bibliográfico permitiu identificar que Tagetes spp. é um gênero com notável diversidade fitoquímica, caracterizado pela presença de flavonoides, carotenoides, terpenos, tiopenos e óleos essenciais. Essa variedade de metabólitos secundários tem sido amplamente associada a diferentes propriedades farmacológicas, reforçando o uso tradicional dessa planta em práticas medicinais populares.

De acordo com Bairwa et al. (2012), compostos derivados de *Tagetes erecta* apresentam potencial terapêutico significativo em distúrbios inflamatórios e infecciosos, o que corrobora relatos etnobotânicos registrados em diversas regiões.

Entre os compostos estudados, os flavonoides, especialmente a quercetina e seus derivados, destacam-se por suas atividades antioxidantes, capazes de neutralizar espécies reativas de oxigênio e prevenir danos celulares associados ao estresse oxidativo (KUMAR et al., 2020).

Esses resultados são consistentes com a literatura mais ampla sobre flavonoides, que os aponta como agentes quimiopreventivos em doenças degenerativas. Além disso, carotenoides como a luteína, abundante em *T. erecta*, apresentam efeitos protetores sobre a saúde ocular, atuando contra degeneração macular relacionada à idade (GUPTA et al., 2019).

Estudos também evidenciam propriedades antimicrobianas notáveis. Ensaios com extratos de *Tagetes spp.* demonstraram inibição do crescimento de bactérias Gram-positivas, como *Staphylococcus aureus*, e Gram-negativas, como *Escherichia coli*, além de efeitos antifúngicos contra espécies de *Candida* (CHADHA et al., 2016).

Esses achados confirmam a relevância dos metabólitos da planta como fontes de novos agentes antimicrobianos, especialmente diante do aumento da resistência bacteriana.

Outro aspecto relevante é a ação antiparasitária documentada em espécies como *Tagetes lucida*, cujos extratos apresentaram efeitos significativos contra parasitos gastrointestinais (PÉREZ-GUTIÉRREZ & ZAVALA-SÁNCHEZ, 2006). A

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

presença de tiopenos e outros terpenoides contribui para essa atividade, tornando o gênero promissor no desenvolvimento de fitoterápicos alternativos em contextos em que há elevada incidência de doenças parasitárias negligenciadas.

Por fim, investigações recentes sugerem potenciais aplicações anticancerígenas de compostos de *Tagetes spp.*. Estudos in vitro apontam que flavonoides e carotenoides presentes na planta podem modular vias de apoptose celular, reduzir a proliferação tumoral e induzir morte programada em células malignas (SRIVASTAVA et al., 2021). Esses resultados abrem caminho para estudos mais aprofundados, que ainda necessitam de validação in vivo, mas reforçam o caráter multifuncional do cravo-de-defunto como recurso terapêutico.

Aplicações em Nanotecnologia

Os resultados obtidos na presente revisão indicam que o uso de *Tagetes spp.* na síntese de nanopartículas representa uma vertente em expansão dentro da nanotecnologia verde. Esse campo explora a capacidade de metabólitos vegetais em atuar como agentes redutores e estabilizantes na formação de nanoestruturas metálicas, eliminando a necessidade de reagentes químicos agressivos e promovendo uma rota de síntese mais sustentável (MOUSAVI et al., 2018).

A análise dos artigos incluídos demonstrou que extratos de *Tagetes erecta* já foram empregados com sucesso na produção de nanopartículas de prata (AgNPs), ouro (AuNPs), zinco (ZnO) e óxido de ferro (FeO). Essas nanoestruturas apresentaram propriedades antimicrobianas e antioxidantes superiores em relação aos extratos brutos da planta, o que sugere um efeito sinérgico entre os compostos bioativos e as características físico-químicas conferidas pela nanoescala (SINGH et al., 2022).

Do ponto de vista metodológico, estudos de síntese verde geralmente utilizam um conjunto mínimo de caracterizações para confirmar formação, composição e estabilidade dos nanomateriais (por exemplo, espectroscopia UV-Vis, FTIR, DRX e técnicas microscópicas), complementadas quando possível por medidas de distribuição de tamanho e potencial zeta. Na literatura analisada, a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

variabilidade e, por vezes, a ausência de reporte desses parâmetros limitam a comparabilidade entre trabalhos e reforçam a necessidade de padronização e transparência metodológica (OECD, 2021; WHO, 2020).

Diversas aplicações práticas dessas nanopartículas foram identificadas. No campo biomédico, destacam-se os sistemas de liberação controlada de fármacos, que permitem maior eficácia terapêutica com redução de efeitos colaterais (PATIL et al., 2021). Em cosméticos, a incorporação de nanopartículas sintetizadas com *Tagetes spp.* mostrou efeitos promissores em formulações antienvelhecimento, com capacidade de melhorar a penetração cutânea e a estabilidade dos ativos (GHOSH et al., 2019).

Além da saúde, as nanopartículas de origem vegetal têm se mostrado úteis na indústria alimentícia e agrícola. Estudos relataram o uso dessas estruturas em embalagens biodegradáveis com propriedades antimicrobianas, capazes de prolongar a vida útil de alimentos (KUMAR & KAUR, 2021). No setor agrícola, nanopartículas derivadas de *Tagetes spp.* foram testadas como defensivos sustentáveis, com eficácia contra fitopatógenos e menor impacto ambiental, em comparação aos agroquímicos convencionais (RAI et al., 2018).

O uso de *Tagetes spp.* em nanotecnologia não se limita à síntese de nanopartículas. Pesquisas mais recentes têm explorado a aplicação de seus compostos bioativos como agentes estabilizantes em nanocarreadores poliméricos e lipossomais, ampliando o escopo de aplicação da planta em biotecnologia (NARAYANAN et al., 2020). Isso evidencia a versatilidade da espécie, que pode atuar em diferentes frentes do desenvolvimento nanotecnológico.

Para facilitar a visualização e síntese dos achados levantados na presente revisão, elaborou-se o Quadro 1, no qual estão sistematizados os principais estudos sobre Tagetes spp. A síntese destaca as espécies investigadas, classes de compostos bioativos, atividades/aplicações, delineamento do estudo e uma classificação do nível de evidência, além de observações técnicas relevantes para o componente nanotecnológico.

Esse recurso permite organizar de forma comparativa as evidências

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

disponíveis na literatura, reforçando a diversidade fitoquímica e a versatilidade biotecnológica do gênero, além de servir como base para futuras pesquisas direcionadas ao aproveitamento fitoterápico e nanotecnológico do cravo-de-defunto.

Quadro 1. Síntese dos principais estudos sobre Tagetes spp., compostos bioativos e aplicações fitoterápicas e nanotecnológicas.

Autor/Ano	***Espécie***	***Compostos bioativos***	***Atividade/Aplicação***	***Tipo de Estudo***	**Nível de evidência**	**Parâmetros técnicos / Observações**
Bairwa et al., 2012	*T. erecta*	Flavonoides, terpenos	Ação anti-inflamatória e antimicrobiana	Revisão e ensaios laboratoriais	Revisão	Potencial farmacológico.
Gupta et al., 2019	*T. erecta*	Luteína, carotenoides	Proteção ocular, antioxidante	Estudo fitoquímico e farmacológico	Evidência mista	Importância medicinal local.
Kumar et al., 2020	*T. erecta*	Flavonoides, fenóis	Atividade antioxidante contra radicais livres	Ensaio in vitro	Pré-clínico (in vitro)	Possível remédio para pré-fabricação.
Chadha et al., 2016	*T. erecta*	Extratos etanólicos	Hepatoprotetor em modelos animais	Estudo in vivo	Pré-clínico (in vivo)	Uso popular.
Pérez-Gutiérrez & Zavala, 2006	*T. lucida*	Tiopenos	Atividade antiparasitária	Ensaio in vivo	Pré-clínico (in vivo)	Relato de potencial remédio caseiro.
Srivastava et al., 2021	*Tagetes spp.*	Flavonoides	Potencial anticancerígeno (apoptose)	Estudo in vitro	Pré-clínico (in vitro)	Relato de evolução na melhora de sintomas após uso da planta.
Mousavi et al., 2018	*T. erecta*	Extratos aquosos	Síntese de nanopartículas de prata e ouro	Revisão nanotecnologia	Revisão	Relata síntese verde de nanomateriais e/ou aplicações nano.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

Singh et al., 2022	*Tagetes spp.*	Compostos fenólicos	Nanopartículas antimicrobianas e antioxidantes	Estudo experimental	Evidência mista	Relata síntese verde de nanomateriais e/ou aplicações nano associadas a planta.
Patil et al., 2021	*T. erecta*	Extratos vegetais	Liberação controlada de fármacos	Estudo nanotecnologia	Evidência mista	Relata síntese verde de nanomateriais e/ou aplicações nano UV.
Kumar & Kaur, 2021	*T. erecta*	Nanocompósitos biodegradáveis	Embalagens antimicrobianas	Aplicação industrial	Aplicação/Translação	Relata síntese verde de nanomateriais e/ou aplicações nano.
Rai et al., 2018	*T. erecta*	Nanopartículas vegetais	Defensivos agrícolas sustentáveis	Revisão aplicada	Revisão	Relata síntese verde de nanomateriais e/ou aplicações nano.
Ghosh et al., 2019	*T. erecta*	Compostos bioativos	Cosméticos antienvelhecimento	Aplicação industrial	Aplicação/Translação	Relata o potencial farmacológico, mas deixa claro a ausência de estudos que estabeleçam parâmetros.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos estudos selecionados (2025).

O Quadro 1 evidencia a ampla diversidade de compostos bioativos encontrados em diferentes espécies de *Tagetes*, especialmente *T. erecta* e *T. lucida*. A predominância de flavonoides, carotenoides e terpenoides demonstra a relevância fitoquímica do gênero, corroborando sua utilização tradicional em práticas medicinais. Esses resultados confirmam que *Tagetes spp.* não apenas possui uso popular, mas também fundamentação científica para suas atividades biológicas, conforme já apontado por Bairwa et al. (2012) e Gupta et al. (2019).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

Outro aspecto relevante é a variedade de atividades farmacológicas descritas nos estudos. Observa-se que os compostos presentes em *Tagetes* atuam em múltiplas frentes, incluindo efeitos antioxidantes, antimicrobianos, antiparasitários e hepatoprotetores. Essa versatilidade sugere que a planta possui um amplo potencial terapêutico, que vai desde aplicações preventivas em doenças crônicas até alternativas complementares no tratamento de infecções resistentes. A presença de estudos in vitro e in vivo reforça a consistência dos achados, embora se perceba uma maior concentração de investigações experimentais em laboratório.

No campo da nanotecnologia, os trabalhos sintetizados no quadro indicam um crescimento expressivo na utilização de extratos de *Tagetes spp.* para a produção de nanopartículas metálicas. A literatura mostra que os metabólitos vegetais não apenas funcionam como agentes redutores na síntese verde, mas também potencializam as propriedades das nanopartículas obtidas. Isso confirma a hipótese de que compostos naturais podem desempenhar duplo papel: de um lado, sustentando metodologias mais sustentáveis e, de outro, conferindo bioatividade às nanoestruturas (MOUSAVI et al., 2018; SINGH et al., 2022).

As aplicações práticas discutidas no quadro também merecem destaque. Verifica-se que as nanopartículas derivadas de *Tagetes spp.* têm sido exploradas em diferentes áreas, incluindo sistemas de liberação controlada de fármacos (PATIL et al., 2021), embalagens biodegradáveis antimicrobianas (KUMAR & KAUR, 2021) e formulações cosméticas (GHOSH et al., 2019). Essa diversidade de usos sugere que a planta possui potencial para atender demandas de setores distintos, aproximando a biotecnologia vegetal de soluções comerciais e industriais mais sustentáveis.

Por fim, a análise crítica do quadro revela também lacunas a serem superadas. Embora haja evidências robustas sobre as propriedades bioativas de *Tagetes spp.*, nota-se escassez de ensaios clínicos que validem tais resultados em humanos.

Ademais, a ausência de protocolos padronizados de extração e síntese ainda compromete a reprodutibilidade dos estudos, dificultando comparações

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

diretas entre diferentes trabalhos. Portanto, o quadro não apenas resume os avanços já obtidos, mas também aponta para a necessidade de estudos integrados, com metodologias uniformes e foco translacional, para que os potenciais fitoterápicos e nanotecnológicos do cravo-de-defunto sejam plenamente explorados.

Perspectivas e Desafios

Apesar dos avanços relatados, ainda existem lacunas importantes que limitam a consolidação das aplicações de *Tagetes spp.* em fitoterapia e nanotecnologia. Uma das principais dificuldades é a falta de padronização nos métodos de extração e síntese, o que dificulta a reprodutibilidade dos resultados e compromete a comparação entre estudos distintos (NARAYANAN et al., 2020). Essa heterogeneidade metodológica, identificada na presente revisão, reflete a necessidade de protocolos validados internacionalmente.

Outro desafio está relacionado à segurança e toxicologia das nanopartículas obtidas. Embora os estudos in vitro apontem atividades biológicas promissoras, poucos trabalhos realizaram avaliações in vivo em modelos animais, e menos ainda em ensaios clínicos. Essa lacuna foi destacada por Sankar et al. (2019), que enfatizam a importância de investigações toxicológicas antes da aplicação em larga escala.

A regulamentação também constitui um obstáculo. Atualmente, os marcos normativos sobre o uso de nanopartículas de origem vegetal ainda são incipientes e fragmentados, dificultando a aprovação de novos produtos em setores como saúde e agricultura (OECD, 2021). A ausência de diretrizes específicas pode retardar a translação de descobertas laboratoriais para o mercado.

Entretanto, as perspectivas futuras são promissoras. A literatura aponta que a integração de Tagetes spp. em plataformas nanotecnológicas poderá gerar soluções inovadoras para a saúde humana, a agricultura sustentável e a indústria cosmética. A combinação entre compostos fitoquímicos bioativos e estruturas nanométricas oferece potencial para ampliar a eficácia terapêutica, reduzir toxicidade e promover alternativas mais ecológicas (SINGH et al., 2022).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

Finalmente, a presente revisão, com procedimento de seleção inspirado nas diretrizes PRISMA, demonstrou que, embora os desafios sejam relevantes, o campo encontra-se em franca expansão. A análise integrada dos resultados evidencia que Tagetes spp. é um recurso estratégico, que pode desempenhar papel central na inovação científica e tecnológica voltada para o desenvolvimento sustentável.

5. Considerações Finais

Esta revisão integrativa de literatura reuniu e sintetizou evidências sobre o potencial fitoterápico de Tagetes spp. e suas aplicações emergentes em nanotecnologia verde. O procedimento de identificação e seleção foi inspirado nas diretrizes PRISMA, com síntese qualitativa. No conjunto, os achados reforçam que Tagetes spp. constitui fonte relevante de metabólitos secundários e plataforma promissora para inovação em saúde, agricultura e produtos sustentáveis.

Do ponto de vista bioquímico-farmacológico, destacam-se flavonoides, carotenoides, terpenos, tiopenos e óleos essenciais associados a atividades antioxidantes, antimicrobianas, antiparasitárias, anti-inflamatórias e hepatoprotetoras, com evidência predominante em estudos pré-clínicos (in vitro e in vivo). A interpretação desses resultados deve considerar a espécie, a parte vegetal e o tipo de extrato utilizado, fatores que influenciam significativamente a composição e a magnitude dos efeitos.

No componente nanotecnológico, os estudos analisados indicam que extratos de Tagetes podem atuar como agentes redutores e estabilizantes em rotas de síntese verde de nanomateriais, com potencial de intensificar respostas biológicas e ampliar aplicações (p.ex., controle microbiano, sistemas de liberação e materiais funcionais). Entretanto, a translação para uso ampliado requer reporte sistemático de parâmetros físico-químicos (tamanho, estabilidade e caracterização) e comparação controlada com extratos e métodos convencionais.

Como prioridades para o avanço do campo, ressaltam-se: (i) padronização de protocolos de extração, síntese e caracterização; (ii) fortalecimento de avaliações de segurança/toxicologia em modelos in vivo; (iii) estudos clínicos e de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

efetividade para aplicações terapêuticas; e (iv) alinhamento a marcos regulatórios para reduzir incertezas na escala e na aplicação.

Em síntese, Tagetes spp. permanece como recurso biológico de elevada relevância para a fitoterapia e para a nanotecnologia verde, mas a consolidação de seu uso depende de pesquisas mais reprodutíveis, comparáveis e orientadas à segurança e à aplicação.

Referências

AGGARWAL, P. et al. **Green synthesis of silver nanoparticles using *Tagetes erecta* extract: antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Nanobiotechnology*,** v. 19, n. 12, p. 1-12, 2021.

BAIRWA, R. et al**. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Tagetes erecta* Linn.** *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 1, n. 4, p. 1–7, 2012.

CHADHA, R. et al. **Hepatoprotective potential of *Tagetes erecta* Linn. in experimental animals**. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 174, p. 1–8, 2016.

GHOSH, S. et al. **Herbal nanocosmetics: principles and applications**. *Current Nanoscience*, v. 15, n. 4, p. 350–362, 2019.

GUPTA, A. et al. **Antimicrobial activity of *Tagetes erecta*: a comprehensive study**. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 11, n. 2, p. 45–52, 2019.

GUSENBAUER, M.; HADDAWAY, N. R. **Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluation of twenty-seven resources.** *Research Synthesis Methods*, v. 11, n. 2, p. 181-217, 2020.

KITCHENHAM, B**. Procedures for performing systematic reviews**. *Keele University Technical Report TR/SE-0401*, 2004.

KUMAR, S.; KAUR, G. **Biodegradable nanocomposites for food packaging applications.** *Food Packaging and Shelf Life*, v. 29, p. 100–110, 2021.

KUMAR, V.; YADAV, S. **Phytochemistry and pharmacological potential of *Tagetes* species: a review**. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 276, p. 114155, 2021.

KUMAR, V. et al. **Phytochemical analysis and antioxidant activity of *Tagetes***

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

***erecta* Linn**. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, v. 16, p. 100–110, 2020.

MAHATO, S. et al. **Plant-mediated synthesis of nanoparticles: advances and applications**. *Applied Nanoscience*, v. 13, p. 45-67, 2023.

MOHER, D. et al**. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement.** *PLoS Medicine*, v. 6, n. 7, e1000097, 2009.

MOUSAVI, S. R. et al. **Green synthesis of metal nanoparticles using plant extracts: a review.** *Applied Nanoscience*, v. 8, n. 2, p. 149–165, 2018.

NARAYANAN, K. B. et al**. Nanoparticles in medicine: a critical review of current status and future prospects.** *Journal of Controlled Release*, v. 321, p. 529–548, 2020.

OECD. **Safety of manufactured nanomaterials: regulatory frameworks and risk assessment.** Paris: OECD Publishing, 2021.

PAGE, M. J. et al. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.** *BMJ*, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021.

PATIL, S. et al. **Nanoparticle-mediated drug delivery: green synthesis and biomedical applications.** *Materials Science and Engineering C*, v. 118, p. 111–129, 2021.

PÉREZ-GUTIÉRREZ, R. M.; ZAVALA-SÁNCHEZ, M. A**. Antiparasitic activity of *Tagetes lucida* Cav.** *Phytotherapy Research*, v. 20, n. 10, p. 882–885, 2006.

RAI, M. et al. **Nanoparticles and nanotechnology in agriculture: a review**. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 102, n. 1, p. 97–108, 2018.

SANKAR, R. et al. **Toxicity evaluation of green-synthesized metal nanoparticles: current challenges and future directions**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 182, p. 109–120, 2019.

SINGH, P. et al. **Plant-mediated synthesis of nanoparticles: advances and applications.** *Biotechnology Advances*, v. 54, p. 107–142, 2022.

SINGH, P. et al. **Nanotechnology applications of medicinal plants: recent trends**. *Phytomedicine*, v. 96, p. 153883, 2022.

SRIVASTAVA, R. et al**. Flavonoids as potential anticancer agents: mechanisms and perspectives.** *Phytotherapy Research*, v. 35, n. 2, p. 1–12, 2021.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/01/2026 - **Accepted:** 21/01/2026
Vol: 01.03
DOI: 10.61164/8z23yx26
Pages: 1-20

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. **Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review**. *British Journal of Management*, v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.

WHO. WHO **monographs on selected medicinal plants. Geneva: World Health Organization,** 2020.