

**PILOCARPUS
MICROPHYLLUS
(JABORANDI) NO BRASIL:
UMA REVISÃO
INTEGRATIVA DOS
ESTUDOS CIENTÍFICOS
PUBLICADOS ENTRE 2019 E
2026**

**PILOCARPUS MICROPHYLLUS (JABORANDI) IN BRAZIL: AN INTEGRATIVE
REVIEW OF SCIENTIFIC STUDIES PUBLISHED BETWEEN 2019 AND 2026**

Ciências Exatas e da Terra • 21/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/792544919](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/792544919)

Sonayra Sousa da Silva¹

Ricardo Costa Soares²

Gustavo Costa Soares³

Karla Cristina Amorim Pereira⁴

Alamgir Khan⁵

Raquel Maria Trindade Fernandes⁶

RESUMO

O jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) é uma espécie vegetal nativa do Brasil de relevância medicinal, econômica e ambiental, principalmente pela produção de pilocarpina, alcaloide de interesse farmacêutico. Este estudo teve como objetivo analisar a produção científica sobre a espécie no Brasil, no período de 2019 a 2026, por meio de uma revisão integrativa da literatura. A busca foi realizada em bases de dados científicas e fontes acadêmicas complementares, considerando artigos, dissertações, teses e trabalhos publicados em eventos científicos. A seleção e a organização dos documentos seguiram etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, com sistematização dos dados e análise descritiva e interpretativa. Foram incluídos 28 registros documentais, que evidenciaram a diversidade temática e metodológica das pesquisas sobre o jaborandi. Os principais eixos identificados foram química e pilocarpina, farmacologia e atividade biológica, conservação e distribuição, propagação e manejo, fisiologia, fenologia e mudanças climáticas. Também foram observados avanços na utilização de ferramentas computacionais, análises genéticas, transcriptômica e genômica. Apesar da ampliação do conhecimento científico, persistem lacunas na integração entre fatores genéticos, ambientais, fisiológicos e químicos. Conclui-se que o fortalecimento de pesquisas interdisciplinares é fundamental para ampliar o conhecimento sobre a espécie e subsidiar estratégias de conservação, manejo sustentável e aproveitamento de seu potencial medicinal e econômico.

Palavras-chave: Prospecção científica; Recursos fitoterápicos; Biodiversidade.

ABSTRACT

Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) is a plant species native to Brazil

with medicinal, economic, and environmental importance, particularly due to its production of pilocarpine, an alkaloid of pharmaceutical interest. This study aimed to analyze the scientific literature on the species in Brazil from 2019 to 2026 through an integrative literature review. Searches were conducted in scientific databases and complementary academic sources, considering articles, dissertations, theses, and papers published in scientific conference proceedings. Document selection and organization followed the stages of identification, screening, eligibility, and inclusion, with data systematization and descriptive and interpretive analysis. A total of 28 documentary records were included, revealing the thematic and methodological diversity of research on jaborandi. The main research areas identified were chemistry and pilocarpine, pharmacology and biological activity, conservation and distribution, propagation and management, physiology, phenology, and climate change. Advances in the use of computational tools, genetic analyses, transcriptomics, and genomics were also observed. Despite the expansion of scientific knowledge, gaps remain in integrating genetic, environmental, physiological, and chemical factors. It is concluded that strengthening interdisciplinary research is essential to expand knowledge of the species and support conservation strategies, sustainable management, and the use of its medicinal and economic potential.

Keywords: Scientific prospecting; Phytotherapeutic resources; Biodiversity.

1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade vegetal brasileira constitui importante fonte de recursos genéticos e de substâncias de interesse científico, tecnológico e farmacêutico. Entre as espécies nativas de relevância

econômica e medicinal destaca-se o jaborandi, *Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth, pertencente à família Rutaceae. A espécie apresenta importância particular em razão da produção de alcaloides imidazólicos, especialmente a pilocarpina, composto de reconhecido interesse farmacológico. Além de sua relevância química e medicinal, *P. microphyllus* tem sido objeto de investigações relacionadas à botânica, ecologia, fisiologia, cultivo, conservação e variabilidade genética, evidenciando a complexidade científica associada à espécie.

A importância farmacológica do jaborandi está historicamente relacionada à pilocarpina, alcaloide utilizado na terapêutica de determinadas condições oftalmológicas e no tratamento da xerostomia. A presença desse metabólito contribuiu para a valorização econômica da espécie e para o estabelecimento de uma cadeia produtiva associada ao aproveitamento de sua biomassa vegetal. Entretanto, a exploração do jaborandi também está relacionada à necessidade de compreender os fatores que condicionam a produção de seus metabólitos, bem como os aspectos ecológicos e biológicos que influenciam a manutenção de suas populações naturais. Dessa forma, a espécie passou a ocupar uma posição de interesse que ultrapassa a obtenção de uma única substância de importância farmacêutica.

A ocorrência natural de *P. microphyllus* e sua relação com diferentes condições ambientais também têm motivado estudos voltados à caracterização morfológica, fenológica, fisiológica e à distribuição da espécie. Pesquisas realizadas com germoplasma conservado e populações naturais têm buscado compreender a variabilidade existente entre indivíduos e acessos, enquanto estudos relacionados às condições edafoclimáticas procuram avaliar a influência do

ambiente sobre o desenvolvimento vegetal e a produção de compostos de interesse. A investigação dessas características apresenta importância tanto para o conhecimento da biologia da espécie quanto para o desenvolvimento de estratégias de conservação, cultivo e utilização sustentável.

Paralelamente, a produção científica recente tem incorporado novas abordagens para o estudo do jaborandi. Além das investigações relacionadas à morfologia, fenologia, propagação e produção de pilocarpina, a literatura tem contemplado estudos sobre atividade biológica de outros metabólitos, mudanças climáticas, distribuição potencial, diversidade genética, modelagem molecular, transcriptômica e genômica. Essa diversificação demonstra que a compreensão de *P. microphyllus* passou a envolver diferentes níveis de investigação, desde características morfofisiológicas e ambientais até aspectos químicos e moleculares.

Apesar da ampliação das pesquisas, os conhecimentos produzidos permanecem distribuídos entre diferentes áreas científicas e tipos de publicação. Artigos científicos, dissertações, teses e trabalhos apresentados em eventos acadêmicos apresentam informações complementares sobre a espécie, mas a dispersão desses resultados dificulta uma visão integrada da produção recente. Nesse contexto, torna-se relevante sistematizar os estudos realizados no Brasil, identificando quais aspectos de *P. microphyllus* têm recebido maior atenção, quais abordagens metodológicas têm sido empregadas e quais contribuições e lacunas podem ser reconhecidas no conjunto da literatura.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura científica sobre *Pilocarpus*

microphyllus no Brasil, considerando as publicações compreendidas entre 2019 e 2026. Buscou-se caracterizar a produção científica do período quanto às principais áreas de investigação, características da espécie analisadas, abordagens metodológicas empregadas e resultados descritos nos estudos, além de identificar tendências, lacunas e perspectivas para futuras pesquisas relacionadas ao jaborandi.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Caracterização e Importância de *Pilocarpus Microphyllus*

Pilocarpus microphyllus Stapf ex Wardleworth, conhecida popularmente como jaborandi, é uma espécie pertencente à família Rutaceae e apresenta ocorrência natural no Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. A espécie está associada principalmente aos estados do Pará, Maranhão e Piauí e ocorre em diferentes condições ambientais, incluindo áreas inseridas nos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga. Sua distribuição geográfica e sua importância como espécie medicinal tornam o jaborandi um importante objeto de investigação botânica, ecológica e farmacêutica (Monteiro *et al.*, 2023).

A importância de *P. microphyllus* está fortemente relacionada à presença de alcaloides imidazólicos, especialmente a pilocarpina. Esse composto apresenta reconhecida importância farmacológica e constitui uma das principais substâncias responsáveis pelo valor econômico da espécie. A exploração das folhas para obtenção da pilocarpina estabeleceu historicamente uma relação entre o jaborandi, o extrativismo vegetal e a indústria farmacêutica, contribuindo para a valorização econômica da espécie e,

simultaneamente, para o aumento da pressão sobre suas populações naturais (Jesus *et al.*, 2023; Sobreiro *et al.*, 2025).

A relevância de *P. microphyllus*, entretanto, não está restrita à produção de pilocarpina. Estudos têm abordado diferentes aspectos da espécie, incluindo características morfológicas, fenologia, propagação, fisiologia, diversidade genética, mudanças climáticas, composição química e atividade biológica. Essa diversidade de abordagens evidencia a importância científica do jaborandi e a necessidade de uma perspectiva interdisciplinar para compreender suas características e subsidiar estratégias de conservação (Moreira *et al.*, 2021a; Moreira *et al.*, 2021b; Corrêa, 2023; Monteiro *et al.*, 2023).

2.2. Caracterização Morfológica, Fenológica e Diversidade da Espécie

A caracterização morfológica constitui uma importante ferramenta para a avaliação da variabilidade existente em *P. microphyllus*. Caracteres relacionados às folhas, folíolos, pecíolos, altura das plantas e estruturas reprodutivas podem ser empregados na diferenciação de acessos e indivíduos. Moreira e colaboradores (2021b) avaliaram acessos de jaborandi mantidos no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental, utilizando diferentes características morfológicas quantitativas. O estudo demonstrou a existência de variação entre os materiais avaliados e reforçou a importância da caracterização dos recursos genéticos da espécie.

A manutenção de diferentes acessos em bancos de germoplasma apresenta importância para a conservação da variabilidade vegetal. Esses materiais podem ser utilizados em pesquisas relacionadas à morfologia, propagação, fisiologia e seleção de indivíduos com

características de interesse. No caso do jaborandi, a conservação de acessos também possibilita a realização de estudos comparativos entre materiais provenientes de diferentes regiões de ocorrência (Moreira *et al.*, 2021b).

A fenologia constitui outra característica importante para a compreensão do ciclo de desenvolvimento de *P. microphyllus*. Moreira *et al.* (2021a) avaliaram as fenofases da espécie e sua relação com elementos climáticos, considerando eventos relacionados à floração e à frutificação. O acompanhamento desses eventos permite compreender a sazonalidade reprodutiva da espécie e pode contribuir para definir períodos adequados para coleta de sementes e produção de mudas (Moreira *et al.*, 2021a).

Além das características morfológicas e fenológicas, a variabilidade de acessos de *P. microphyllus* pode ser investigada por meio de descritores morfológicos e técnicas estatísticas multivariadas. Moreira e colaboradores (2021b) avaliaram 25 acessos de jaborandi mantidos no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental, totalizando 125 indivíduos e considerando oito caracteres morfológicos quantitativos. Os resultados permitiram identificar diferenças entre os materiais avaliados, demonstrando a utilidade desses descritores para a caracterização e a diferenciação dos acessos e contribuindo para o conhecimento da variabilidade da espécie (Moreira *et al.*, 2021b).

2.3. Conservação, Propagação e Manejo

A conservação de *P. microphyllus* apresenta importância devido à utilização econômica da espécie e à pressão exercida historicamente sobre suas populações naturais. A exploração das folhas para

obtenção de pilocarpina, associada às alterações dos ambientes naturais, constitui um fator que reforça a necessidade de estratégias de conservação capazes de garantir a manutenção da espécie e de seus recursos genéticos (Corrêa, 2023; Monteiro *et al.*, 2023).

A conservação *ex situ*, especialmente por meio de bancos de germoplasma, constitui uma estratégia complementar à conservação das populações naturais. A manutenção de acessos permite preservar materiais provenientes de diferentes origens geográficas e disponibilizá-los para estudos científicos. No jaborandi, a existência de coleções de germoplasma possibilita a avaliação de características morfológicas, fenológicas e agronômicas, contribuindo para o conhecimento da variabilidade da espécie (Moreira *et al.*, 2021a; Moreira *et al.*, 2021b).

As técnicas de propagação também apresentam importância para a conservação e utilização sustentável do jaborandi. A produção de mudas por sementes, a propagação vegetativa e o cultivo *in vitro* podem contribuir para ampliar a disponibilidade de material vegetal e reduzir a necessidade de coleta diretamente nas populações naturais. Trabalhos apresentados no Congresso Nacional de Botânica demonstraram a aplicação de técnicas de propagação *in vitro* e organogênese em *P. microphyllus*, indicando o potencial da biotecnologia vegetal para a multiplicação da espécie (Ribeiro *et al.*, 2023a; Ribeiro *et al.*, 2023b; Barros *et al.*, 2023).

O manejo dos indivíduos também constitui uma alternativa para melhorar a utilização da espécie. Lameira e colaboradores (2021) avaliaram a regeneração de ramos de jaborandi submetidos a diferentes tipos de poda e sistemas de cultivo. Estudos dessa natureza são relevantes porque permitem investigar práticas que

favoreçam a produção de folhas sem necessariamente aumentar a pressão sobre populações naturais, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de manejo mais sustentáveis (Lameira *et al.*, 2021).

2.4. Composição Química e Produção de Pilocarpina

A composição química constitui um dos principais fatores responsáveis pela importância medicinal e econômica de *P. microphyllus*. A espécie apresenta diferentes metabólitos especializados, com destaque para os alcaloides imidazólicos, entre os quais a pilocarpina ocupa posição central devido à sua aplicação farmacêutica. Essa característica tornou o jaborandi uma das espécies vegetais brasileiras de maior interesse para estudos relacionados à química de produtos naturais (Jesus *et al.*, 2023; Sobreiro *et al.*, 2025).

A produção de pilocarpina pode apresentar variações associadas às condições ambientais e nutricionais das plantas. Jesus e colaboradores (2023) investigaram a relação entre a produção do alcaloide, atributos químicos do solo e estado nutricional de indivíduos de *P. microphyllus* coletados na Floresta Nacional de Carajás. A pesquisa demonstrou a importância da avaliação conjunta das características do solo e da planta para compreender diferenças na produção de pilocarpina.

A relação entre condições ambientais, nutrição e produção de metabólitos apresenta implicações para o cultivo da espécie. A identificação de fatores associados à produção de pilocarpina pode contribuir para o estabelecimento de práticas de manejo e cultivo capazes de favorecer a produção de matéria-prima vegetal de

interesse farmacêutico. Entretanto, essa produção também deve ser compreendida considerando a influência da variabilidade genética e das condições fisiológicas das plantas (Jesus *et al.*, 2023).

Além da pilocarpina, outros constituintes químicos de *P. microphyllus* têm sido investigados. Estudos recentes abordaram alcaloides, flavonoides e componentes do óleo essencial, demonstrando que o potencial químico da espécie é mais amplo do que aquele relacionado exclusivamente à pilocarpina (Sousa *et al.*, 2023; Perfeito *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2026).

2.5. Atividades Biológicas e Potencial Farmacológico

O interesse farmacológico por *P. microphyllus* está relacionado tanto à pilocarpina quanto a outros metabólitos presentes na espécie. Estudos recentes têm investigado diferentes constituintes quanto às suas propriedades biológicas, utilizando modelos celulares, microbiológicos e abordagens computacionais. Essa diversificação demonstra que o jaborandi permanece como uma fonte relevante para a prospecção de substâncias bioativas (Sousa *et al.*, 2023; Nogueira *et al.*, 2024; Perfeito *et al.*, 2024).

Entre os compostos investigados destaca-se a epiisopiloturina. Sousa e colaboradores (2023) avaliaram esse alcaloide em modelo experimental de neuroinflamação utilizando células microgлияis estimuladas por lipopolissacarídeo. Os resultados indicaram redução de respostas inflamatórias e interferência em vias de sinalização relacionadas a TLR4, NF- κ B e MAPKs, fornecendo evidências experimentais sobre o potencial biológico desse constituinte de *P. microphyllus* (Sousa *et al.*, 2023).

Outra linha de investigação envolve o potencial antiparasitário dos constituintes da espécie. Nogueira e colaboradores (2024) utilizaram técnicas de *molecular docking* para avaliar interações entre alcaloides de *P. microphyllus* e alvos relacionados ao *Trypanosoma cruzi*. A utilização dessa abordagem permite investigar possíveis interações moleculares e selecionar compostos que apresentem características favoráveis para estudos experimentais posteriores (Nogueira *et al.*, 2024).

Os flavonoides presentes nas folhas também têm sido investigados devido às suas possíveis atividades biológicas. Perfeito e colaboradores (2024) realizaram a extração e identificação de flavonoides das folhas de *P. microphyllus* e avaliaram características relacionadas à atividade antioxidante e ao potencial neuroprotetor. Esses resultados ampliam o conhecimento sobre a diversidade química da espécie e sobre as possibilidades de investigação de seus constituintes (Perfeito *et al.*, 2024).

Mais recentemente, estudos passaram a avaliar também o óleo essencial do jaborandi. Silva e colaboradores (2026) investigaram o potencial citotóxico e antileishmanial do óleo essencial de *P. microphyllus*, combinando análises experimentais e abordagens *in silico*. A utilização integrada dessas metodologias representa uma tendência recente na investigação farmacológica da espécie (Silva *et al.*, 2026).

2.6. Mudanças Climáticas, Genética e Novas Abordagens Moleculares

As mudanças climáticas representam um importante desafio para a conservação de *P. microphyllus*, uma vez que alterações na

temperatura, disponibilidade hídrica e outras condições ambientais podem interferir no crescimento e desenvolvimento da espécie. Estudos experimentais têm buscado compreender como o jaborandi responde a diferentes condições ambientais e quais fatores podem representar maior risco para sua manutenção (Amaral, 2020; Amaral *et al.*, 2022).

Amaral e colaboradores (2022) investigaram o crescimento de plântulas de *P. microphyllus* sob condições associadas a cenários de mudança climática, considerando fatores como disponibilidade hídrica e condições atmosféricas. Os resultados demonstraram que alterações ambientais podem modificar o crescimento e as respostas fisiológicas das plantas, evidenciando a importância de estudos experimentais para compreender a vulnerabilidade da espécie (Amaral *et al.*, 2022).

A distribuição potencial de *P. microphyllus* também tem sido investigada por meio de modelos ambientais. Monteiro e colaboradores (2023) utilizaram modelos de distribuição de espécies para avaliar a adequabilidade ambiental da espécie sob diferentes cenários climáticos. Os autores identificaram variáveis relacionadas à precipitação como importantes para a distribuição potencial do jaborandi e apontaram alterações na adequabilidade climática de determinadas regiões brasileiras diante de cenários futuros (Monteiro *et al.*, 2023).

Paralelamente às pesquisas ecológicas e fisiológicas, estudos genéticos têm contribuído para ampliar o conhecimento sobre a diversidade de *P. microphyllus*. A análise de características foliares e de populações provenientes de diferentes regiões pode auxiliar na identificação de padrões de diversidade e na definição de

estratégias de conservação dos recursos genéticos da espécie (Corrêa, 2023).

As pesquisas mais recentes incorporaram ainda ferramentas de biologia molecular. Sobreiro e colaboradores (2025) empregaram análise transcriptômica comparativa para investigar a biossíntese da pilocarpina em diferentes tecidos de *P. microphyllus*. Essa abordagem possibilita investigar genes associados ao metabolismo especializado e contribui para uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos moleculares envolvidos na produção do alcaloide (Sobreiro *et al.*, 2025).

Em 2026, a disponibilização de um genoma de referência em nível cromossômico ampliou ainda mais as possibilidades de investigação da espécie. Recursos genômicos dessa natureza podem contribuir para estudos de diversidade, conservação, evolução e biossíntese de metabólitos, além de fornecer ferramentas para integrar informações genéticas, fisiológicas, químicas e ecológicas (Sobreiro *et al.*, 2026).

Dessa forma, a literatura evidencia que a pesquisa sobre *P. microphyllus* vem incorporando diferentes escalas de investigação, desde características morfológicas e fisiológicas até análises químicas, farmacológicas, genéticas, transcriptômicas e genômicas. Essa integração é particularmente relevante para uma espécie de importância medicinal e econômica, pois permite compreender simultaneamente os fatores relacionados à conservação, à produção de metabólitos e ao potencial de utilização sustentável do jaborandi (Monteiro *et al.*, 2023; Jesus *et al.*, 2023; Sobreiro *et al.*, 2025; Sobreiro *et al.*, 2026).

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo de Estudo e Questão Norteadora

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, de natureza descritiva e abordagem predominantemente qualitativa, desenvolvida com o objetivo de reunir, organizar e analisar a produção científica relacionada à espécie *Pilocarpus microphyllus* (jaborandi) no Brasil. A escolha dessa modalidade de revisão está relacionada à diversidade de áreas envolvidas nas pesquisas sobre a espécie, incluindo aspectos botânicos, agrônômicos, ecológicos, fitoquímicos, farmacológicos, genéticos, moleculares e ambientais.

A revisão foi orientada pela seguinte questão norteadora: Quais são as principais características, áreas de investigação, abordagens metodológicas e resultados descritos nos estudos científicos sobre *Pilocarpus microphyllus* no Brasil entre 2019 e 2026?

A definição da questão buscou contemplar de forma abrangente a produção científica sobre a espécie, sem restringir previamente a análise a uma única característica ou área do conhecimento. Dessa forma, foi possível identificar os principais enfoques investigativos presentes na literatura e verificar como as pesquisas sobre *P. microphyllus* vêm se desenvolvendo ao longo do período analisado.

3.2. Busca, Seleção e Análise dos Estudos

A busca bibliográfica foi realizada considerando publicações científicas relacionadas diretamente à espécie *Pilocarpus microphyllus* e ao jaborandi, contemplando o período de 2019 a 2026. Foram utilizadas bases de dados e fontes acadêmicas

destinadas à recuperação de trabalhos das áreas de Ciências Biológicas, Ciências Agrárias, Química, Farmácia e Ciências da Saúde, incluindo *Web of Science*, Scopus, PubMed/MEDLINE, SciELO e Google Scholar, além de repositórios institucionais e fontes acadêmicas complementares quando necessárias para a localização dos documentos.

A estratégia de busca foi estruturada a partir dos termos *Pilocarpus microphyllus* e “jaborandi”, associados, quando necessário, a termos relacionados às diferentes áreas de investigação, tais como pilocarpina, composição química, atividade biológica, conservação, propagação, morfologia, fenologia, diversidade genética, mudanças climáticas, transcriptoma e distribuição. Foram utilizados operadores booleanos, principalmente OR e AND, de acordo com as possibilidades oferecidas pelas diferentes plataformas de busca.

Foram incluídos estudos publicados entre janeiro de 2019 e dezembro de 2026 que apresentassem *P. microphyllus* como objeto principal ou diretamente analisado, disponibilizassem texto completo e apresentassem informações relacionadas à biologia, ocorrência, características morfológicas, composição química, propriedades biológicas, cultivo, propagação, conservação, distribuição ou outros aspectos científicos da espécie. Foram considerados trabalhos publicados em português, inglês ou espanhol.

Foram excluídos registros duplicados, trabalhos publicados fora do período estabelecido, estudos nos quais *P. microphyllus* fosse apenas mencionado de forma secundária, documentos sem texto completo disponível, materiais sem caráter científico e estudos relacionados exclusivamente a outras espécies do gênero

Pilocarpus. Também foram excluídos registros que não apresentassem informações suficientes para sua caracterização e análise.

A seleção dos estudos ocorreu em etapas sucessivas de identificação, triagem, avaliação de elegibilidade e inclusão, seguindo as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020), especialmente quanto à transparência na apresentação do processo de seleção dos estudos (Page *et al.*, 2021).

Após a seleção, os estudos foram organizados em uma matriz de análise contendo informações referentes à autoria, ano de publicação, título, tipo documental, objetivo, metodologia, aspecto de *P. microphyllus* investigado e principais resultados. Posteriormente, os trabalhos foram agrupados de acordo com os principais eixos temáticos identificados na literatura, permitindo a comparação entre diferentes áreas de investigação.

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva e interpretativa. Foram consideradas a distribuição temporal das publicações, os tipos documentais, os principais temas investigados, as abordagens metodológicas empregadas e os aspectos da espécie mais frequentemente estudados. Ao final do processo de seleção, foram considerados 28 registros documentais, constituídos por artigos científicos, dissertações, teses e trabalhos publicados em eventos científicos.

3.3. Processo de Seleção dos Estudos

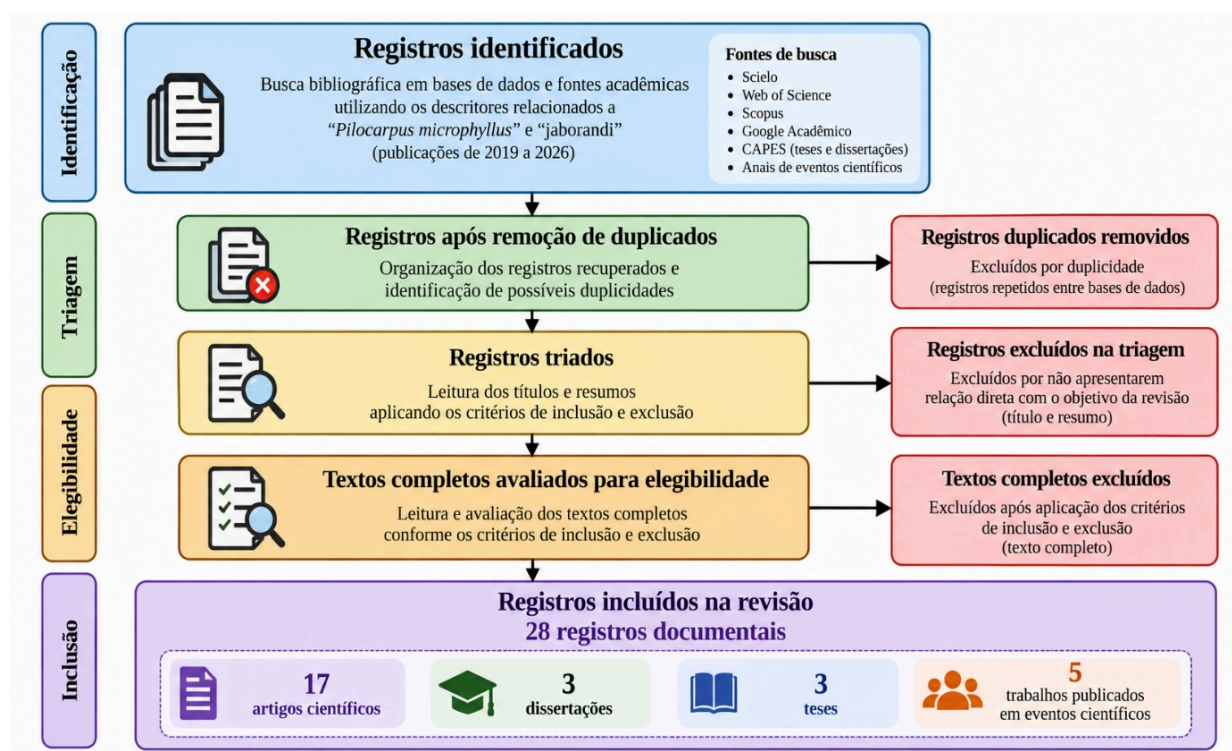
O processo de identificação, seleção e inclusão dos estudos foi organizado de acordo com as etapas recomendadas pelo PRISMA

2020: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão (Page *et al.*, 2021). Inicialmente, foram identificados os registros relacionados aos descritores utilizados na busca. Em seguida, os registros foram organizados e submetidos à verificação de duplicidades.

Na etapa de triagem, foram analisados os títulos e resumos, sendo excluídos os trabalhos que não apresentavam relação direta com o objetivo da revisão. Posteriormente, os textos potencialmente elegíveis foram avaliados integralmente, considerando-se os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos.

Ao final, os estudos que atenderam aos critérios definidos foram incluídos na revisão e submetidos à extração e sistematização das informações. O percurso de seleção dos estudos está apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos sobre *Pilocarpus microphyllus* publicados entre 2019 e 2026.



Fonte: Elaborado pelos autores com base no processo de seleção dos estudos e nas recomendações do PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021), 2026.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização e Evolução da Produção Científica

A análise dos registros documentais selecionados demonstrou que a produção científica relacionada a *Pilocarpus microphyllus* no Brasil apresentou distribuição variável entre 2019 e 2026, contemplando diferentes tipos de documentos e áreas do conhecimento. Ao final do processo de seleção, foram considerados 28 registros documentais, constituídos por artigos científicos, dissertações, teses e trabalhos publicados em eventos científicos.

A distribuição temporal demonstra que a produção não ocorreu de maneira uniforme ao longo do período analisado. Foram identificados três registros em 2019, um em 2020, quatro em 2021, quatro em 2022, sete em 2023, três em 2024, dois em 2025 e quatro em 2026. O ano de 2023 apresentou a maior quantidade de

registros, com sete documentos, enquanto 2020 apresentou apenas um registro (Tabela 1).

A concentração de documentos em 2023 evidencia um período de maior diversidade na produção científica sobre a espécie. Nesse ano, foram identificados trabalhos relacionados à distribuição potencial, diversidade genética, atividade farmacológica, conservação, propagação e cultivo *in vitro*. O estudo de Monteiro e colaboradores (2023), por exemplo, utilizou modelos de distribuição de espécies para avaliar a ocorrência potencial de *P. microphyllus* em diferentes cenários climáticos, identificando possíveis reduções de áreas adequadas em regiões do Maranhão e do Piauí.

Tabela 1. Distribuição dos registros documentais sobre *Pilocarpus microphyllus* segundo ano e tipo de documento, 2019–2026.

Ano	Artigos	Dissertações	Teses	Anais	Total
2019	0	1	0	2	3
2020	0	0	1	0	1
2021	4	0	0	0	4
2022	2	1	1	0	4
2023	3	0	1	3	7

△ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/pilocarpus-microphyllus-jaborandi-no-brasil-uma-revisao-integrativa-dos-estudos-cientificos-publicados-entre-2019-e-2026?noblockage>

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos registros documentais selecionados na revisão integrativa, 2026.

A produção científica de 2021 também apresentou importante diversificação, reunindo trabalhos de caracterização morfológica e fenológica, regeneração de ramos e investigação computacional. Entre eles, o estudo de Sá e colaboradores (2021) avaliou, por abordagem *in silico*, as interações de alcaloides imidazólicos de *P. microphyllus* com a principal protease do SARS-CoV-2, demonstrando a incorporação de ferramentas computacionais às pesquisas relacionadas à espécie.

Quanto aos tipos documentais, os 17 artigos científicos constituíram a maior parcela do corpus, correspondendo a cerca de 61% dos registros. Foram identificadas ainda três dissertações, três teses e cinco trabalhos publicados em anais de eventos científicos.

A presença de diferentes modalidades documentais é relevante porque permite observar não apenas os resultados consolidados em periódicos científicos, mas também pesquisas desenvolvidas no âmbito de programas de pós-graduação e eventos científicos. Entre os documentos acadêmicos, encontram-se trabalhos relacionados à ecofisiologia, conservação, características morfológicas, condições ambientais e atividade farmacológica da espécie.

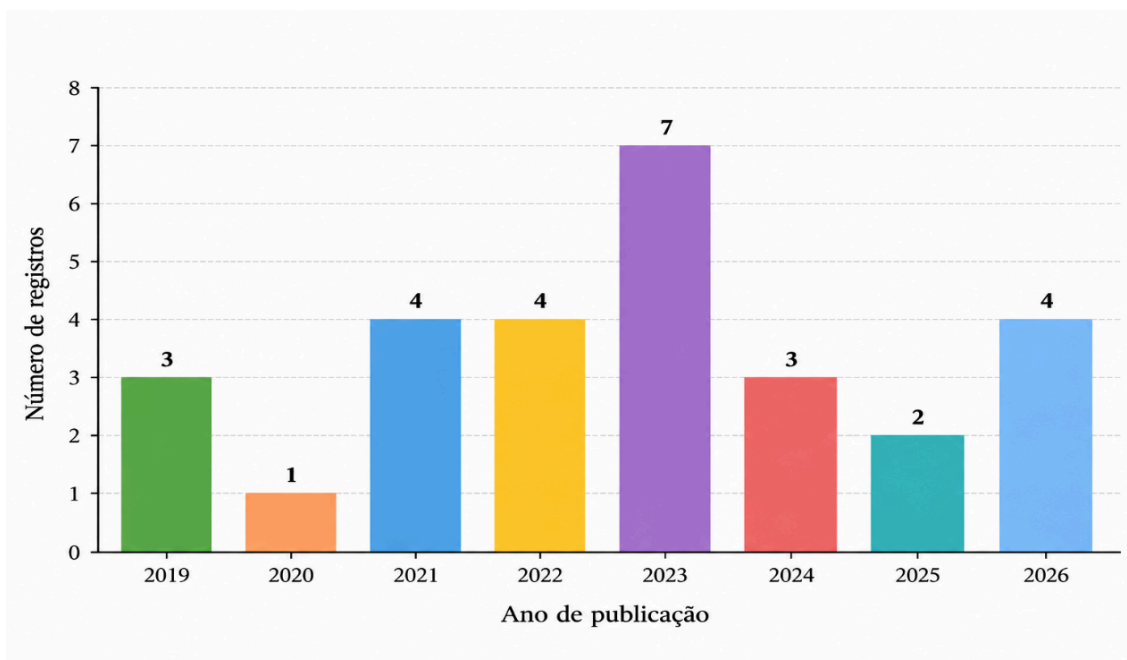
A tese de Amaral (2020), por exemplo, investigou respostas ecofisiológicas de *P. microphyllus* em diferentes condições ambientais e cenários de mudanças climáticas, evidenciando a importância das variáveis ambientais para a compreensão do desenvolvimento da espécie.

Da mesma forma, a tese de Moreira (2022) integrou avaliações fenológicas e morfológicas de acessos de *P. microphyllus*, relacionando as fenofases a elementos meteorológicos e avaliando caracteres responsáveis pela diferenciação entre acessos.

É importante destacar que os 28 registros representam documentos selecionados, e não necessariamente 28 estudos independentes. Uma mesma investigação pode gerar diferentes produtos acadêmicos, como tese, dissertação, artigo e trabalho em evento. Por essa razão, os resultados desta revisão foram interpretados como representação da produção documental localizada, evitando estabelecer equivalência direta entre número de documentos e número de pesquisas independentes.

A distribuição anual (Figura 2) evidencia, portanto, que as pesquisas sobre *P. microphyllus* permaneceram presentes durante todo o intervalo analisado, mas apresentaram maior intensidade documental em determinados anos. Essa variação parece acompanhar a ampliação dos objetos de investigação, que passaram de estudos relacionados principalmente à fenologia, morfologia, produção de mudas e pilocarpina para pesquisas envolvendo conservação, atividade biológica, diversidade genética, transcriptômica e genômica.

Figura 2. Evolução anual dos registros documentais sobre *Pilocarpus microphyllus* entre 2019 e 2026.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos registros documentais selecionados, 2026.

4.2. Principais Temas e Características Investigadas

A classificação temática dos 28 registros revelou uma produção científica de caráter interdisciplinar. Foram identificados estudos relacionados à farmacologia e atividade biológica, conservação e distribuição, propagação e manejo, fisiologia e fenologia, química e pilocarpina, genética e genômica, botânica e morfologia e abordagens computacionais.

Como alguns documentos apresentam mais de uma abordagem, os valores apresentados na Tabela 2 correspondem a ocorrências temáticas. Dessa maneira, a soma das categorias é superior ao número total de registros analisados.

Tabela 2. Principais eixos temáticos dos estudos sobre *Pilocarpus microphyllus* entre 2019 e 2026.

Eixo temático	Nº de ocorrências
Química e pilocarpina	7

Farmacologia e atividade biológica	6
Conservação e distribuição	6
Propagação, manejo e produção de mudas	6
Fisiologia, fenologia e mudanças climáticas	6
Genética e genômica	5
Botânica e morfologia	4
Química computacional / <i>in silico</i>	3

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da categorização temática dos registros analisados, 2026.

A distribuição temática evidencia que química e pilocarpina constituíram o eixo com maior número de ocorrências, seguido pelos eixos de farmacologia e atividade biológica, conservação e distribuição, propagação e manejo e fisiologia, fenologia e mudanças climáticas.

4.2.1. Química e Pilocarpina

A química e a produção de pilocarpina permanecem como importantes linhas de investigação relacionadas a *P. microphyllus*. A relevância desse eixo está diretamente associada à importância farmacêutica da pilocarpina e ao fato de o jaborandi ser uma das principais fontes naturais desse alcaloide.

Jesus e colaboradores (2023) investigaram a relação entre atributos do solo, estado nutricional e produção de pilocarpina, evidenciando a importância das condições nutricionais para compreender a produção desse metabólito. O estudo demonstra que a investigação

da pilocarpina não se limita à caracterização química, envolvendo também aspectos relacionados ao cultivo e às condições ambientais da planta.

A literatura recente também demonstra uma ampliação do interesse por outros constituintes químicos. Perfeito e colaboradores (2024), por exemplo, investigaram flavonoides presentes nas folhas de *P. microphyllus*, empregando técnicas como espectrofotometria UV-Vis, espectroscopia no infravermelho, cromatografia líquida de alta eficiência, espectrometria de massas e voltametria cíclica. Os resultados apontaram a presença de constituintes com potencial antioxidante e neuroprotetor.

Em 2025, Feitosa e colaboradores ampliaram essa perspectiva ao avaliar características físico-químicas das folhas de jaborandi e de produtos preparados a partir do material vegetal, incluindo chá e tinturas. O estudo avaliou parâmetros como pH, densidade, condutividade elétrica, acidez titulável, vitamina C e umidade.

Esses resultados demonstram que a investigação química da espécie vem assumindo caráter mais abrangente, envolvendo tanto a pilocarpina quanto outros constituintes e produtos derivados do jaborandi.

4.2.2. Farmacologia e Atividade Biológica

O eixo de farmacologia e atividade biológica apresentou seis ocorrências e demonstra a permanência do interesse pelo potencial medicinal de *P. microphyllus*. Os estudos analisados contemplaram diferentes modelos experimentais e abordagens destinadas à avaliação de compostos ou extratos da espécie.

Entre os trabalhos de maior destaque está o estudo de Sousa e colaboradores (2023), que avaliou a epiisopiloturina, um alcaloide obtido como subproduto da extração de pilocarpina. Os autores observaram redução de marcadores relacionados à resposta inflamatória em células microgлияis estimuladas por LPS, envolvendo mecanismos associados às vias TLR4/NF-κB e MAPKs.

Em 2024, Perfeito e colaboradores também investigaram o potencial antioxidante e antinociceptivo de frações contendo flavonoides provenientes das folhas de jaborandi.

Já Nogueira e colaboradores (2024) utilizaram abordagem molecular para investigar atividade anti-*Trypanosoma*, enquanto estudos publicados em 2026 ampliaram a investigação para atividades antibacteriana, citotóxica e antileishmanial. O trabalho de Silva Filho e colaboradores (2026), por exemplo, associou prospecção fitoquímica e ensaios de atividade antibacteriana contra *Staphylococcus aureus*.

Em conjunto, esses resultados mostram que o potencial farmacológico de *P. microphyllus* vem sendo investigado para além da pilocarpina. Entretanto, é necessário diferenciar resultados experimentais obtidos *in vitro* ou *in silico* de evidências de eficácia terapêutica em humanos.

4.2.3. Conservação e Distribuição

A conservação e a distribuição constituíram outro eixo expressivo, com seis ocorrências. A relevância desse tema está associada à importância econômica e medicinal da espécie e às pressões ambientais e extrativistas às quais suas populações estão submetidas.

Monteiro e colaboradores (2023) demonstraram, por meio de modelos de distribuição de espécies, que alterações climáticas futuras podem modificar a adequabilidade ambiental de áreas de ocorrência de *P. microphyllus*. O estudo identificou regiões de possível redução de habitat, especialmente na área de transição entre Amazônia e Cerrado no Maranhão e em áreas do Piauí.

A tese de Corrêa (2023) também abordou a conservação da espécie, integrando aspectos de diversidade genética e impactos de mudanças climáticas futuras.

Outro estudo incluído na revisão avaliou o comportamento de *P. microphyllus* em diferentes tipos de solo, vegetação e localização geográfica na Floresta Nacional de Carajás, demonstrando que características ambientais e edáficas influenciam variáveis dendrométricas da espécie.

Assim, a literatura demonstra que a conservação do jaborandi precisa considerar simultaneamente fatores ambientais, distribuição geográfica, variabilidade genética e condições de desenvolvimento das plantas.

4.2.4. Propagação, Manejo e Produção de Mudanças

Seis registros foram relacionados à propagação, manejo e produção de mudas. Esse eixo apresenta importância prática, pois a produção de material vegetal em condições controladas pode contribuir para reduzir a pressão sobre populações naturais e favorecer estratégias de conservação e cultivo.

Entre os trabalhos analisados encontra-se o estudo de Souza e Lameira (2019), que avaliou o desenvolvimento de mudas de

jaborandi em diferentes substratos. Os autores observaram diferenças no desenvolvimento das mudas e destacaram a fibra de coco como substrato favorável ao crescimento mais rápido nas condições experimentais avaliadas.

Também foram identificados trabalhos relacionados à regeneração de ramos, organogênese e propagação *in vitro*. Esses estudos indicam a importância das técnicas biotecnológicas para ampliar as possibilidades de multiplicação da espécie.

Em 2026, Chaves investigou estratégias de conservação envolvendo propagação vegetativa e seminal de *P. microphyllus*, com objetivo de gerar informações para protocolos de produção de mudas em viveiro.

Dessa forma, a propagação constitui uma das áreas com aplicação direta para conservação *ex situ*, formação de coleções de germoplasma e produção de material vegetal para pesquisas e possíveis sistemas de cultivo.

4.2.5. Fisiologia, Fenologia e Mudanças Climáticas

O eixo relacionado à fisiologia, fenologia e mudanças climáticas apresentou seis ocorrências. Os trabalhos agrupados nessa categoria investigaram a relação entre o desenvolvimento da espécie e fatores ambientais, incluindo temperatura, precipitação, disponibilidade hídrica e condições climáticas futuras.

Moreira e colaboradores (2019) avaliaram a relação entre fenofases reprodutivas, precipitação pluviométrica e temperatura média do ar, demonstrando influência das condições climáticas sobre os eventos fenológicos da espécie.

A tese de Amaral (2020) aprofundou a abordagem ecofisiológica ao avaliar respostas de mudas de *P. microphyllus* a diferentes condições ambientais e cenários de mudanças climáticas.

Posteriormente, os trabalhos de distribuição potencial ampliaram essa discussão para uma escala geográfica, permitindo relacionar condições climáticas e possíveis alterações na distribuição da espécie.

Esse conjunto de resultados indica que compreender a resposta ambiental de *P. microphyllus* é fundamental para avaliar tanto seu cultivo quanto sua conservação em condições futuras.

4.2.6. Genética e Genômica

A genética e a genômica apresentaram cinco ocorrências, indicando crescimento da utilização de abordagens moleculares na investigação da espécie.

Em 2025, Sobreiro e colaboradores realizaram uma análise transcriptômica comparativa de diferentes tecidos de *P. microphyllus*, incluindo folíolos, raque, raiz e caule. O estudo identificou diferenças na expressão gênica entre os tecidos e genes potencialmente relacionados à biossíntese da pilocarpina.

Em 2026, a publicação de um genoma de *P. microphyllus* em nível cromossômico representou outro avanço significativo, ampliando os recursos genômicos disponíveis para estudos de conservação e para a compreensão da biossíntese da pilocarpina (Sobreiro *et al.*, 2026).

A incorporação dessas abordagens demonstra uma mudança importante na escala de investigação da espécie, passando de

características predominantemente fenotípicas para análises capazes de explorar mecanismos moleculares e genômicos.

4.2.7. Botânica e Morfologia

Os estudos botânicos e morfológicos apresentaram quatro ocorrências. Essas pesquisas fornecem informações básicas para caracterização, diferenciação e conservação dos acessos de *P. microphyllus*.

Moreira e colaboradores (2021a) avaliaram características morfológicas de acessos conservados em banco de germoplasma, identificando variabilidade relacionada a diferentes caracteres vegetativos. A tese de Moreira (2022) também demonstrou diferenças morfológicas entre acessos, destacando caracteres foliares como importantes para a divergência entre os materiais avaliados.

Em 2024, Lameira e colaboradores avaliou descritores morfoagronômicos de acessos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental. O estudo identificou três grupos de genótipos divergentes e apontou a largura da folha como uma das características com maior contribuição para a divergência observada. Esse tipo de abordagem evidencia a contribuição das análises morfológicas e estatísticas para a caracterização e a conservação dos recursos genéticos da espécie.

Esses resultados demonstram que a caracterização morfológica continua relevante, especialmente quando associada à conservação e à avaliação da variabilidade existente nos bancos de germoplasma.

4.3. Avanços Metodológicos e Novas Perspectivas de Investigação

A análise dos registros selecionados demonstra uma ampliação das estratégias metodológicas empregadas nos estudos sobre *P. microphyllus*. Durante o período analisado foram identificadas abordagens de campo, viveiro, laboratório, análises químicas, experimentos fisiológicos, técnicas de cultivo in vitro, avaliações farmacológicas, análises multivariadas, modelagem de distribuição e ferramentas moleculares e computacionais.

Nos primeiros anos analisados, destacam-se principalmente métodos relacionados à avaliação morfológica, fenológica, fisiológica e à produção de mudas. Essas abordagens permitiram caracterizar o desenvolvimento da espécie e sua relação com fatores ambientais.

A utilização de técnicas estatísticas multivariadas permitiu caracterizar a variabilidade de *P. microphyllus*. Moreira e colaboradores (2021b) utilizaram descritores morfológicos quantitativos e análise de agrupamento para investigar diferenças entre acessos de jaborandi. Essa abordagem permitiu avaliar conjuntamente múltiplas características e identificar padrões de similaridade e diferenciação entre os materiais analisados, fornecendo informações relevantes para a caracterização e a conservação de recursos genéticos da espécie.

Também ganharam espaço técnicas de modelagem e ferramentas computacionais. O estudo de Monteiro e colaboradores (2023) utilizou dez algoritmos de modelagem de distribuição de espécies e diferentes modelos climáticos para avaliar possíveis alterações na distribuição futura de *P. microphyllus*.

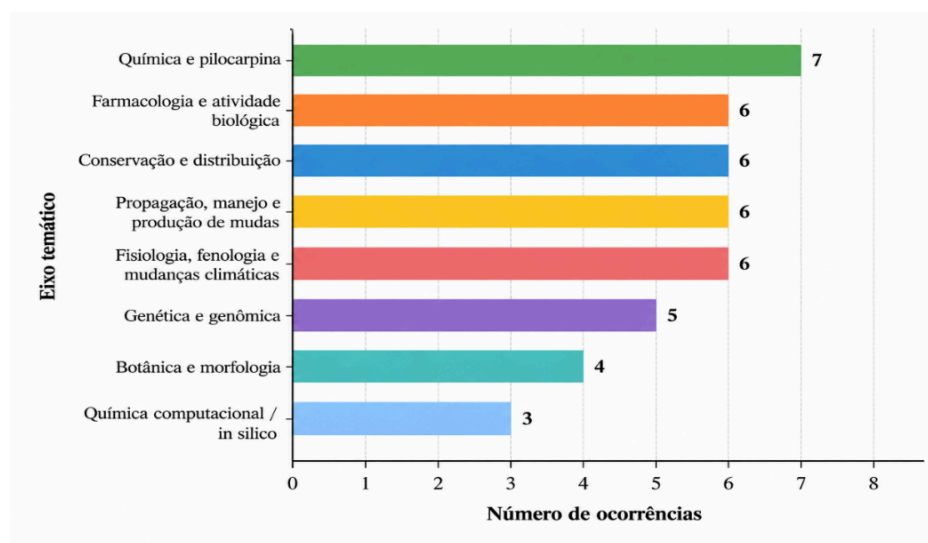
As abordagens *in silico* também aparecem na literatura, como no estudo de Sá e colaboradores (2021), que avaliou interações moleculares envolvendo alcaloides de *P. microphyllus*, e em pesquisas mais recentes relacionadas à atividade biológica e interação de compostos com alvos moleculares.

A maior transformação metodológica, entretanto, está relacionada à incorporação de ferramentas de biologia molecular, transcriptômica e genômica. O estudo transcriptômico de Sobreiro e colaboradores. (2025) representa um avanço importante por investigar padrões de expressão gênica em diferentes tecidos da planta e relacioná-los à biossíntese da pilocarpina.

A disponibilidade de um genoma em nível cromossômico, publicada em 2026, amplia ainda mais essas possibilidades e oferece uma base para estudos futuros de genética populacional, conservação, evolução e biossíntese de metabólitos (Sobreiro *et al.*, 2026)

A Figura 3 evidencia uma ampliação da complexidade metodológica dos estudos sobre *P. microphyllus*, combinando diferentes escalas de análise, desde características morfológicas e fisiológicas até processos químicos e moleculares.

Figura 3. Distribuição dos registros documentais segundo os principais eixos temáticos.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da categorização temática dos estudos selecionados, 2026.

4.4. Conservação, Lacunas e Perspectivas de Investigação

A conservação de *P. microphyllus* constitui um aspecto transversal aos diferentes eixos identificados nesta revisão. Os estudos demonstram que a manutenção da espécie não depende exclusivamente da proteção de suas populações naturais, mas também da conservação da diversidade genética, da produção de mudas, do conhecimento sobre sua fisiologia e da utilização sustentável dos recursos vegetais.

As pesquisas sobre diversidade genética apresentam importância nesse contexto porque permitem identificar diferenças entre acessos e populações. Moreira e colaboradores (2021b) demonstraram diferenciação entre materiais provenientes de diferentes áreas de amostragem, reforçando a importância da caracterização da variabilidade existente.

As abordagens genômicas mais recentes ampliam essa possibilidade. O estudo transcriptômico de Sobreiro e colaboradores (2025) relacionou diferentes padrões de expressão gênica aos tecidos da planta e a processos potencialmente associados à

biossíntese da pilocarpina. Os autores destacam ainda a importância dessas informações para estratégias de conservação e manejo sustentável.

A dimensão ambiental também representa uma preocupação importante. A modelagem realizada por Monteiro e colaboradores (2023) indicou possíveis perdas ou reduções de áreas adequadas para a ocorrência da espécie em determinadas regiões sob cenários de mudanças climáticas, evidenciando a necessidade de incorporar projeções ambientais aos programas de conservação.

Outro aspecto importante está relacionado à propagação. A existência de estudos sobre produção de mudas, regeneração de ramos, organogênese, propagação *in vitro* e propagação seminal demonstra a busca por alternativas capazes de ampliar a produção de material vegetal e reduzir a dependência da coleta de populações naturais.

Apesar dos avanços identificados, permanece uma lacuna de integração entre as diferentes áreas de investigação. Ainda são relativamente poucos os estudos que relacionam simultaneamente diversidade genética, condições ambientais, fisiologia, nutrição, crescimento, produção de pilocarpina e composição química.

Essa integração é particularmente importante porque a produção de metabólitos de interesse pode estar relacionada não apenas à constituição genética da planta, mas também às condições ambientais e ao estado fisiológico. Os resultados transcriptômicos recentes reforçam essa complexidade ao demonstrar que diferentes tecidos apresentam padrões distintos de expressão gênica associados à biossíntese da pilocarpina.

Outra lacuna está relacionada à integração entre mudanças climáticas e conservação genética. Embora existam estudos independentes sobre distribuição potencial, ecofisiologia e diversidade genética, ainda há espaço para pesquisas que integrem esses elementos em modelos capazes de avaliar conjuntamente a vulnerabilidade das populações naturais.

Também se destaca a necessidade de ampliar estudos que relacionem composição química e variabilidade genética. A identificação de diferenças entre populações ou acessos pode contribuir para compreender se determinados materiais apresentam características químicas ou fisiológicas diferenciadas, o que poderia ser relevante tanto para conservação quanto para programas de cultivo.

Assim, as evidências reunidas nesta revisão indicam que as pesquisas sobre *P. microphyllus* estão se tornando progressivamente mais interdisciplinares. A tendência observada envolve a aproximação entre botânica, fisiologia, agronomia, química, farmacologia, genética, biotecnologia, modelagem ambiental e genômica.

Essa integração representa uma perspectiva importante para os próximos estudos, especialmente porque permite abordar simultaneamente a conservação da espécie e o aproveitamento sustentável de seu potencial medicinal e econômico.

De maneira geral, os resultados da revisão demonstram que, entre 2019 e 2026, a produção científica sobre *P. microphyllus* apresentou diversificação temática e metodológica, mantendo a pilocarpina e os aspectos relacionados ao cultivo como importantes objetos de

investigação, mas incorporando progressivamente estudos sobre atividade biológica, conservação, mudanças climáticas, diversidade genética, transcriptômica e genômica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão integrativa permitiu reunir, organizar e analisar a produção científica relacionada à espécie *Pilocarpus microphyllus* no Brasil, considerando os estudos publicados entre 2019 e 2026. Ao final do processo de seleção, foram incluídos 28 registros documentais, constituídos por artigos científicos, dissertações, teses e trabalhos publicados em eventos científicos. A distribuição desses registros ao longo do período demonstra a permanência do interesse científico pela espécie e evidencia a diversidade de abordagens empregadas para compreender suas características e potencialidades.

Os resultados demonstraram que as pesquisas sobre *P. microphyllus* apresentam caráter interdisciplinar, envolvendo principalmente estudos relacionados à química e à pilocarpina, farmacologia e atividade biológica, conservação e distribuição, propagação e produção de mudas, fisiologia, fenologia e mudanças climáticas. Também foram identificadas investigações relacionadas à botânica, morfologia, diversidade genética, genômica e utilização de ferramentas computacionais. Essa diversidade demonstra que o conhecimento científico sobre o jaborandi vem ultrapassando a perspectiva tradicional centrada exclusivamente na obtenção de pilocarpina.

A análise também evidenciou uma ampliação das metodologias empregadas nos estudos mais recentes. Além de avaliações

morfológicas, fenológicas, fisiológicas e agronômicas, foram incorporadas técnicas de propagação *in vitro*, análises químicas e farmacológicas, modelagem de distribuição, análises multivariadas, estudos de diversidade genética, transcriptômica e genômica. Essa diversificação metodológica representa um avanço importante, pois permite investigar a espécie desde características observáveis em campo até mecanismos moleculares relacionados ao seu desenvolvimento e à produção de metabólitos de interesse.

No âmbito da conservação, os resultados indicam que a manutenção de *P. microphyllus* deve ser compreendida de forma ampla, envolvendo a proteção das populações naturais, a conservação da diversidade genética, o desenvolvimento de técnicas de propagação e a avaliação dos efeitos das alterações ambientais. A produção de mudas e as técnicas de propagação podem contribuir para estratégias de conservação *ex situ*, enquanto os estudos genéticos e genômicos ampliam o conhecimento necessário para a caracterização e manutenção da variabilidade da espécie.

Apesar dos avanços identificados, permanecem lacunas importantes na literatura, principalmente no que diz respeito à integração entre fatores genéticos, ambientais, fisiológicos e químicos. Ainda são necessários estudos capazes de relacionar, de maneira conjunta, a variabilidade genética dos acessos, as condições de desenvolvimento, as respostas às mudanças climáticas, a composição química e a produção de pilocarpina. Essa integração poderá contribuir para uma compreensão mais abrangente dos fatores que influenciam o desenvolvimento e o potencial produtivo da espécie.

Outra perspectiva relevante está relacionada ao fortalecimento de pesquisas de longo prazo e de caráter interdisciplinar. A associação entre técnicas de biotecnologia vegetal, análises químicas, ferramentas moleculares, modelagem ambiental e estudos farmacológicos pode ampliar significativamente o conhecimento sobre *P. microphyllus*. Além disso, a integração entre instituições de pesquisa, universidades e comunidades que possuem relação histórica com o uso do jaborandi pode favorecer estratégias de conservação e utilização sustentável dos recursos naturais.

Conclui-se, portanto, que *Pilocarpus microphyllus* permanece como uma espécie de elevada relevância científica, medicinal, econômica e ambiental no contexto brasileiro. A produção analisada entre 2019 e 2026 demonstra ampliação e diversificação das pesquisas, acompanhadas pela incorporação de novas ferramentas metodológicas e pelo avanço para níveis de investigação molecular e genômica. Ao mesmo tempo, os resultados reforçam a necessidade de aprofundar estudos integrados que conciliem conservação, produção vegetal, conhecimento químico e potencial farmacológico.

Dessa forma, esta revisão contribui para sistematizar o conhecimento científico recente sobre *P. microphyllus* e identificar tendências e lacunas que podem orientar futuras pesquisas. O fortalecimento de estudos interdisciplinares poderá contribuir não apenas para ampliar o conhecimento científico sobre o jaborandi, mas também para desenvolver estratégias de conservação, propagação, manejo e utilização sustentável, preservando a importância ecológica e o potencial medicinal e econômico da espécie para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Genilda Canuto *et al.* *Pilocarpus microphyllus* seedling growth threatened by climate change: an ecophysiological approach. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 147, p. 1–15, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03831-6>. Acesso em: 14 out. 2026.

AMARAL, Genilda Canuto. **Ecofisiologia de espécies amazônicas (*Pilocarpus microphyllus* e *Euterpe oleracea*) em cenários de mudanças climáticas**. 2020. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/13965>. Acesso em: 14 out. 2026.

BARROS, Raul César Silva *et al.* Indução da embriogênese somática em jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardlew). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 73, 2023, Belém, PA. **A botânica no Brasil: desafios interdisciplinares e interculturais**. Brasília, DF: Sociedade Botânica do Brasil, 2023. p. 708. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1184751>. Acesso em: 14 out. 2026.

CHAVES, Ianna Rodrigues Ramos. **Estratégias para conservação de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth) em Carajás: propagação vegetativa e seminal**. 2026. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2026.

CORRÊA, Waléria Pereira Monteiro. **Conservação do jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth) no Norte do Brasil: diversidade genética e impactos das mudanças climáticas futuras**. 2023. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) –

Universidade Federal do Pará, Belém, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/17061>. Acesso em: 14 out. 2026.

DE SÁ, Ézio R. A. *et al.* In silico study of the interactions of *Pilocarpus microphyllus* imidazolic alkaloids with the main protease (Mpro) of SARS-CoV-2. **Molecular Simulation**, Jan, n. 12, p. 1–14, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08927022.2021.1873321>. Acesso em: 14 out. 2026.

FEITOSA, Bruno Barbosa Alves *et al.* Caracterização físico-química de produtos derivados de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.). **Scientia Forestalis**, v. 53, e4046, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.18671/scifor.v53.02>. Acesso em: 14 out. 2026.

JESUS, Priscila Maylana Modesto de *et al.* Prediction of pilocarpine production from soil attributes and the nutritional status of *Pilocarpus microphyllus*. **Journal of Plant Nutrition**, v. 46, n. 10, p. 2393–2406, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2155549>. Acesso em: 14 out. 2026.

LAMEIRA, Osmar Alves *et al.* Avaliação dos descritores morfoagronômicos de *Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth – Rutaceae. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 12, e12622, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.12-143>. Acesso em: 14 out. 2026.

LAMEIRA, Osmar Alves *et al.* Branch regeneration of jaborandi submitted to different types of pruning and cropping systems. **Acta Agronômica**, v. 70, n. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/acag.v70n3.71835>. Acesso em: 14 out. 2026.

MONTEIRO, Waléria Pereira *et al.* Potential distribution of *Pilocarpus microphyllus* in the Amazonia/Cerrado biomes under near-future climate change scenarios. **Plants**, v. 12, n. 11, 2106, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants12112106>. Acesso em: 14 out. 2026.

MOREIRA, Ruanny Karen Vidal Pantoja Portal *et al.* Avaliação morfológica de *Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, e23210615283, 2021b. Disponível em: <http://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15283>. Acesso em: 14 out. 2026.

MOREIRA, Ruanny Karen Vidal Pantoja Portal *et al.* Caracterização fenológica do jaborandi em relação à precipitação pluviométrica e temperatura média do ar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 8., 2019, Belém, PA. *Anais 2019*. [S. l.]: SBMET; Belém, PA: UFPA, 2019. p. 131–140. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/112128>. Acesso em: 14 out. 2026.

MOREIRA, Ruanny Karen Vidal Pantoja Portal *et al.* Estudo fenológico do germoplasma de *Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth correlacionado com elementos climáticos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e7710514626, 2021a. Disponível em: <http://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14626>. Acesso em: 14 out. 2026.

MOREIRA, Ruanny Karen Vidal Pantoja Portal. **Avaliação fenológica e morfológica de *Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth**. 2022. 47 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

NOGUEIRA, Sylvania Siqueira *et al.* Evaluation of the anti-trypanosoma activity of alkaloids from *Pilocarpus microphyllus* by

molecular docking: a search for new drugs for Chagas disease. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 3, e3841, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-166>. Acesso em: 14 out. 2026.

PAGE, Matthew J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews, **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>. Acesso em: 14 out. 2026.

PERFEITO, Márcia Luana Gomes *et al.* Extraction and identification of flavonoids from the leaves of *Pilocarpus microphyllus*: focus on antioxidant activity and neuroprotective profile. **Drugs and Drug Candidates**, v. 3, n. 4, p. 796–812, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2813-2998/3/4/45>. Acesso em: 14 out. 2026.

RIBEIRO, Amanda Kallyne Borges *et al.* **Organogênese em explantes caulinares de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 73., 2023, Belém, PA. *A botânica no Brasil: desafios interdisciplinares e interculturais*. Brasília, DF: Sociedade Botânica do Brasil, p. 660, 2023b. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1184734>. Acesso em: 14 out. 2026.

RIBEIRO, Amanda Kallyne Borges *et al.* **Propagação in vitro de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 73., 2023, Belém, PA. *A botânica no Brasil: desafios interdisciplinares e interculturais*. Brasília, DF: Sociedade Botânica do Brasil, p. 658, 2023a. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1184733>. Acesso em: 14 out. 2026.

SILVA FILHO, José Roberto da *et al.* Prospeção fitoquímica e atividade antibacteriana de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) sobre *Staphylococcus aureus*. **Facit Business and Technology Journal**, v. 2, n. 76, 2026. Disponível em: <https://revistas.faculdefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/4812/3024>. Acesso em: 14 out. 2026.

SILVA, Juniel Cruz *et al.* Cytotoxic and antileishmanial potential of *Pilocarpus microphyllus* essential oil: in vitro and in silico study. **Chemistry & Biodiversity**, v. 23, n. 1, e02175, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cbdv.202502175>. Acesso em: 14 out. 2026.

SOBREIRO, Mariane Brom *et al.* De novo chromosome-level assembly of the endangered *Pilocarpus microphyllus* highlights genomic resources for conservation and sustainable pilocarpine extraction. **Genome Biology and Evolution**, v. 18, n. 3, evag070, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gbe/evag070>. Acesso em: 14 out. 2026.

SOBREIRO, Mariane Brom *et al.* Decoding pilocarpine biosynthesis and its roles in *Pilocarpus microphyllus* through a comparative transcriptomics approach. **BMC Plant Biology**, v. 25, n. 1, 1024, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07087-4>. Acesso em: 14 out. 2026.

SOUSA, João Antônio Costa de *et al.* Epiisopiloturine, an alkaloid from *Pilocarpus microphyllus*, attenuates LPS-induced neuroinflammation by interfering in the TLR4/NF-κB-MAPK signaling pathway in microglial cells. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2023, 4752502, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2023/4752502>. Acesso em: 14 out. 2026.

SOUZA, Isis Naryelle Góes; LAMEIRA, Osmar Alves. Avaliação do desenvolvimento de mudas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Holmes) em diferentes tipos de substratos. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 23., 2019, Belém, PA. *Anais*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2019. p. 138–143. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1113352>. Acesso em: 14 out. 2026.

¹ Discente do Curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Discente do Curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Discente do Curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Discente do Curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Docente do Departamento de Química da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁶ Docente do Departamento de Química da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)