

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

ANGELA LIBERALI PINHEIRO

**CONSERVAÇÃO DE *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (BIGNONIACEAE):
UMA ABORDAGEM BIBLIOMÉTRICA E ECOLÓGICA SOBRE UMA ESPÉCIE
AMEAÇADA**

POÇOS DE CALDAS/MG

2025

ANGELA LIBERALI PINHEIRO

**CONSERVAÇÃO DE *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (BIGNONIACEAE):
UMA ABORDAGEM BIBLIOMÉTRICA E ECOLÓGICA SOBRE UMA ESPÉCIE
AMEAÇADA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Diversidade Biológica e Conservação

Orientador: Prof. Dr. Ernesto de Oliveira Canedo Júnior
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Luciana Botezelli

POÇOS DE CALDAS/MG

2025

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Campus Poços de Caldas

Liberali, Angela Barrera.

Conservação de *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (Bignoniaceae): Uma Abordagem Bibliométrica e Ecológica Sobre Uma Espécie Ameaçada / Angela Barrera Liberali. - Poços de Caldas, MG, 2025. 71 f. : il. -

Orientador(a): Ernesto de Oliveira Canedo Junior.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2025.

Bibliografia.

1. Produção científica. 2. Dinâmica demográfica vegetal. 3. Dinâmica demográfica vegetal. 4. Campos de altitude. 5. Gramíneas exóticas invasoras. I. Junior, Ernesto de Oliveira Canedo, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

ANGELA LIBERALI PINHEIRO

" CONSERVAÇÃO DE *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (BIGNONIACEAE): UMA ABORDAGEM BIBLIOMÉTRICA E ECOLÓGICA SOBRE UMA ESPÉCIE AMEAÇADA. "

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Gestão e manejo de recursos naturais e biodiversidade.

Aprovada em: 16 de dezembro de 2025.

Prof. Dr. Ernesto de Oliveira Canedo Júnior

Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof. Dr. Guilherme Ramos Demetrio Ferreira

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Profa. Dra. Andrea Vita Reis Mendonça

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo Baiano



Documento assinado eletronicamente por **Ernesto de Oliveira Canedo Júnior**, **Usuário Externo**, em 18/12/2025, às 13:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1688458** e o código CRC **78F5BEB3**.

*“Cada um sabe a dor e a delícia de ser o que é”
(Dom de Iludir, Caetano Veloso)*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marcos e Joseane, que mesmo em meio a tantas dificuldades sempre fizeram o impossível para me proporcionar o melhor. Sei que, muitas vezes, isso significou abrir mão dos próprios sonhos, adiar vontades e enfrentar noites em claro para que eu pudesse seguir estudando e construindo o meu caminho. Foi com o exemplo de honestidade, coragem e generosidade de vocês que eu aprendi o que é caráter, responsabilidade e amor verdadeiro. Vocês são a minha base, o chão firme onde apoiei meus pés quando tudo ao redor parecia desabar. Esta dissertação é também de vocês, fruto de cada renúncia e de cada gesto silencioso de cuidado.

À minha avó Alzira, que me criou com tanto amor e carinho, preenchendo a infância com afeto, aconchego e histórias que ainda ecoam em mim. Apesar de sua partida, seu amor permanece vivo em cada conquista, em cada escolha que faço e em cada vez que reúno forças para seguir em frente. Carrego sua memória como um amuleto, e sinto que, de alguma forma, você caminha ao meu lado, orgulhosa, em cada passo dado até aqui.

Ao meu marido Raul, meu companheiro de vida desde o primeiro ano de faculdade, quando nossas histórias começaram a se entrelaçar. Iniciamos essa jornada no mesmo curso, sonhando juntos com um futuro que ainda era nebuloso, mas cheio de possibilidades. Com o tempo, nossas carreiras seguiram caminhos diferentes, mas nossos projetos de vida continuam profundamente alinhados. Sem o seu apoio constante, sua admiração genuína e sua parceria em todos os momentos, dos mais leves aos mais difíceis, nada disso teria sido possível. Obrigada por acreditar em mim quando eu duvidei, por segurar a minha mão nos dias em que tudo parecia pesado demais e por celebrar comigo cada pequena vitória.

Aos meus orientadores, Ernesto e Luciana, que me acolheram e me formaram como pesquisadora com tanta paciência e generosidade. Agradeço por cada conversa, cada sugestão, cada correção cuidadosa e, principalmente, por confiarem em mim mesmo quando eu mesma hesitava sobre a minha capacidade. Vocês fortaleceram a minha autoestima científica, me ensinaram a olhar para os dados com rigor e para a natureza com ainda mais respeito e curiosidade. As trocas profissionais e os momentos pessoais compartilhados ao longo desses anos foram fundamentais para que este trabalho existisse. Sem vocês, este mestrado simplesmente não aconteceria.

Aos meus grandes amigos de trabalho no Jardim Botânico, Daniela, Rafael, Jerônimo, Flávia, Victor, Letícia e Cristina, minha profunda gratidão. Durante estes dois anos, enfrentei grandes desafios psicológicos no ambiente de trabalho, e vocês foram porto seguro em meio à tempestade. É raro encontrar pessoas que não pensam em competir entre si, mas em crescer juntas, dividindo responsabilidades, sonhos e angústias. Obrigada por me fortalecerem nos dias difíceis, por compartilharem risadas e desabafos, por

me acompanharem em todos os campos, por estarem ao meu lado em cada perrengue, seja no laboratório, nas trilhas ou nas discussões de bastidor. Vocês fizeram o caminho ser muito mais leve e possível.

Às minhas amigas de infância, Camila, Ana, Dani, Júlia, Lélia e Sara, por mais de vinte anos de amizade que atravessou fases, mudanças de cidade, distâncias físicas e transformações pessoais. Nossa história em conjunto é feita de confissões adolescentes, choros, risadas até doer a barriga, apoio em momentos de luto, de recomeço, de dúvida e de celebração. O tempo passou, nossas rotinas mudaram, mas o amor genuíno que temos umas pelas outras permaneceu intacto. Mesmo longe, sei que posso contar com vocês em qualquer momento. Obrigada por se fazerem presentes em todas as fases da minha vida, inclusive nesta que é tão significativa.

À minha psicóloga Lidianne e ao meu psiquiatra Dr. Jorge Massa, que caminharam ao meu lado neste último ano de mestrado, ajudando-me a enfrentar e manejar a depressão e a ansiedade. Obrigada por me acolherem sem julgamentos, por me oferecerem ferramentas para lidar com o cansaço, o medo e a autocobrança, e por me ajudarem a entender que pedir ajuda também é um ato de coragem. O cuidado em saúde mental foi essencial para que eu conseguisse chegar até aqui inteira, e sou profundamente grata por terem feito parte dessa jornada com tanto profissionalismo e humanidade.

Aos meus guias e protetores espirituais, que nunca deixaram de estar ao meu lado, mesmo quando eu me sentia mais distante de mim mesma. Agradeço pela força invisível que me sustentou nos momentos de dúvida, pelas intuições que me apontaram caminhos e pelo axé que renovou a minha fé quando tudo parecia difícil demais. Sinto que essa caminhada também é sustentada por algo maior, que me acompanha, me orienta e me protege.

Aos meus gatos, Hera e Darwin, que, desde que me escolheram para compartilhar a vida, preenchem meus dias com um amor puro e silencioso. Em muitos momentos em que as palavras não davam conta do cansaço e da dor, foram eles que, apenas estando ali, deitados ao meu lado ou caminhando sobre os teclados, curaram um pouco das minhas angústias e acolheram o que eu não conseguia dizer. Esta dissertação também foi escrita na companhia dos seus ronrons, carinhos e silêncios cheios de afeto.

À família do meu marido, Higor, Mariana, Vitor, Sarah, Stella, Cecília, Débora e Verônica, agradeço por fazerem parte da minha trajetória e da minha história com o Raul. Em especial às pequenas Stella, e Cecília, que em breve chegará, desejo que cresçam em um mundo em que o conhecimento, o respeito e o cuidado com a natureza sejam sempre valorizados.

E, por fim, a todos os colegas que, de alguma forma, trocaram conhecimentos, dividiram conversas de corredor, enviaram um artigo, sugeriram uma referência, ajudaram em campo ou simplesmente me ofereceram uma palavra amiga. Cada pequena contribuição fez diferença na construção deste trabalho e na minha formação acadêmica e humana.

A todas essas pessoas, dedico não apenas estas páginas, mas um pedaço muito grande da minha

história. Cada conquista aqui registrada carrega um pouco do amor, do cuidado, da paciência e da confiança que recebi de vocês. Este mestrado é resultado de um esforço coletivo, sustentado por laços de afeto, parceria e esperança. Levo cada um comigo, com gratidão profunda e um amor imenso, certos de que, onde quer que eu vá daqui pra frente, vocês continuarão sendo parte fundamental de quem eu sou.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO GERAL

A conservação de espécies vegetais ameaçadas exige uma abordagem integrada, capaz de articular respostas de conhecimento científico, dinâmica populacional e instrumentos de gestão territorial. *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza, a catuaba verdadeira, é uma espécie medicinal endêmica dos biomas Cerrado e Mata Atlântica, categorizada como Em Perigo (EN) e típica dos Campos de Altitude, ambientes fortemente pressionados por fragmentação de habitat, fogo, expansão urbana e invasão por gramíneas exóticas. Esta dissertação teve como objetivo compreender como esta espécie tem sido abordada pela comunidade científica e como suas populações respondem a alterações ambientais e antrópicas em Campos de Altitude urbanos, gerando subsídios para sua conservação. No Artigo 1, realizamos uma análise bibliométrica nas bases *Web of Science* e *Scopus*, resultando em um corpus de 28 artigos publicados entre 1978 e 2024. Os resultados evidenciaram forte concentração de estudos em farmacologia, fitoquímica e etnobotânica, baixa representação de pesquisas ecológicas e conservacionistas, o que limita o uso da literatura disponível no planejamento da conservação. No Artigo 2, avaliamos a estrutura populacional e aspectos da dinâmica populacional de *A. arvense* em três remanescentes de Campos de Altitude inseridos na malha urbana de Poços de Caldas (MG), por meio de monitoramento mensal, ao longo de 12 meses, de 18 parcelas permanentes de 5 m². Ajustamos Modelos Lineares Generalizados Mistos para testar os efeitos de altitude e da presença de gramíneas exóticas sobre abundância, comprimento de caule, perda total de parte aérea e rebrotas. Nossos resultados indicam que capins exóticos reduzem a densidade de *A. arvense*, mas estão associados a caules mais longos, sugerindo respostas morfológicas à competição, enquanto a altitude reduz a abundância e o número de rebrotas, ao mesmo tempo em que se associa a menor frequência de perda total de parte aérea. O recrutamento por sementes foi raro, evidenciando a dependência da espécie de bancos de gemas subterrâneas e da regeneração vegetativa para persistir sob distúrbios recorrentes, em um contexto de urbanização e supressão recente de remanescentes. Em conjunto, os dois artigos demonstram que *A. arvense* se encontra simultaneamente à margem da ciência ecológica e sob crescente vulnerabilidade demográfica, apontando a necessidade de integrar monitoramentos populacionais, controle de gramíneas invasoras, regulação de usos de alto impacto e fortalecimento dos instrumentos jurídico-ambientais voltados à proteção dos Campos de Altitude.

Palavras-chave: Produção científica; Dinâmica demográfica vegetal; Campos de altitude; Gramíneas exóticas invasoras; Remanescentes urbanos.

GENERAL ABSTRACT

The conservation of threatened plant species requires an integrated approach that links knowledge gaps, population dynamics and territorial governance. *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza, the “true Catuaba,” is a medicinal species endemic to the Cerrado and Atlantic Forest biomes, listed as Endangered (EN) and characteristic of highland grasslands, which are strongly affected by habitat fragmentation, fire, urban expansion and invasion by exotic grasses. This dissertation aimed to understand how the species has been addressed by the scientific community and how its populations respond to environmental and anthropogenic gradients in urban high-altitude grasslands, providing evidence to support its conservation. In Article 1, we performed a bibliometric analysis in Web of Science and Scopus, followed by manual curation of metadata, resulting in a final corpus of 28 articles published between 1978 and 2024. The results revealed a strong concentration of studies in pharmacology, phytochemistry and ethnobotany, a limited number of ecological and conservation-oriented papers, and structural problems in the databases (duplications, fragmented authorship, inconsistent records). Together, these patterns highlight the ecological dimension of *A. arvense* as being on the margins of scientific attention and constrain the use of existing literature in conservation planning. In Article 2, we assessed the population structure and aspects of population dynamics of *A. arvense* in three high-altitude grassland remnants embedded in the urban matrix of Poços de Caldas, southeastern Brazil, through monthly monitoring of 18 permanent 5 m² plots over 12 months. We fitted Generalized Linear Mixed Models to test the effects of altitude and exotic grass presence on plant density, maximum stem length, complete loss of aboveground biomass and vegetative resprouting. Our results show that exotic grasses decrease *A. arvense* density but are associated with longer stems, suggesting morphological responses to increased competition, whereas altitude reduces population density and the number of resprouts while being associated with fewer individuals that completely lose aboveground biomass. Seedling recruitment was rare across sites, indicating that the species relies heavily on belowground bud banks and vegetative regeneration to persist under recurrent disturbances in a context of urbanization and recent habitat suppression. Taken together, the two articles demonstrate that *A. arvense* is simultaneously at the margins of ecological research and under growing demographic vulnerability, underscoring the need to integrate population monitoring, invasive grass control, regulation of high-impact land uses and the strengthening of legal and policy instruments aimed at protecting high-altitude grasslands.

Keywords: Scientific output; Plant demographic dynamics; Highland grasslands; Invasive exotic grasses; Urban remnants.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUÇÃO GERAL..... | 11 |
| CAPÍTULO 1 - ARTIGO 1..... | 13 |
| Introdução..... | 14 |
| Metodologia..... | 15 |
| Resultados e Discussão..... | 18 |
| Conclusão..... | 34 |
| Referências..... | 35 |
| CAPÍTULO 2 - ARTIGO 2..... | 40 |
| Introdução..... | 41 |
| Metodologia..... | 42 |
| Resultados..... | 48 |
| Discussão..... | 53 |
| Considerações Finais..... | 60 |
| Referências..... | 61 |
| REFERÊNCIAS GERAIS..... | 66 |
| CONSIDERAÇÕES GERAIS FINAIS..... | 69 |

INTRODUÇÃO GERAL

A conservação da biodiversidade vegetal tem sido um dos grandes desafios globais diante da degradação ambiental e das mudanças climáticas (Alves *et al.*, 2024). Nesse sentido, as espécies ameaçadas, especialmente aquelas endêmicas, são particularmente vulneráveis à perda de habitat, à fragmentação populacional e às pressões antrópicas (Andrade *et al.*, 2016; Chae *et al.*, 2021). No Brasil, os Campos de Altitude representam um dos ecossistemas mais peculiares e ameaçados, distribuindo-se principalmente na região Sudeste, nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (Martinelli, 2007). Essas formações fitogeográficas, inseridas no domínio da Mata Atlântica, caracterizam-se por solos rasos e pedregosos, altas variações térmicas e vegetação predominantemente herbácea e arbustiva, com alta taxa de endemismo e adaptação a condições climáticas extremas (Vieira 2014; Andrade *et al.*, 2016).

Entre as espécies nativas associadas a esses ambientes destaca-se *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (Bignoniaceae), conhecida popularmente como catuaba (Souza *et al.*, 2013). A espécie ocorre nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, com registros para Goiás, Mato Grosso, São Paulo e Minas Gerais, incluindo remanescentes campestres montanos do Planalto de Poços de Caldas (Mendes; Marques, 2018; Firetti, 2025). Classificada como Em Perigo (EN) na Lista Vermelha da Flora Ameaçada do Brasil (MMA, 2022), *A. arvense* combina alta relevância medicinal (e.g. usos tradicionais como tônico, estimulante e afrodisíaco) com um conjunto de atributos ecofisiológicos típicos de ambientes campestres e sujeitos a estresse, como xilopódios profundos, gemas subterrâneas, apomixia e poliembrionia (Mauro *et al.*, 2007; Firetti-Leggieri *et al.*, 2014; Ferraro *et al.*, 2021; Teixeira *et al.*, 2024). Esses traços conferem elevada capacidade de rebrotamento e colonização, mas não garantem, por si só, a persistência da espécie em cenários de perda acelerada de habitat e intensificação de distúrbios (Pausas *et al.*, 2018).

Os Campos de Altitude da Mata Atlântica são ecossistemas montanos frios e úmidos, cuja vegetação herbácea-arbustiva apresenta altos endemismo, atuando como “ilhas” de clima temperado em meio à matriz florestal (Neri *et al.*, 2017). No Planalto de Poços de Caldas, esses ambientes vêm sofrendo forte fragmentação principalmente causada pela expansão urbana, incêndios recorrentes, esportes motorizados e invasão por gramíneas exóticas, como *Melinis minutiflora* e *Urochloa* spp. (Fonseca *et al.*, 2022; Williams *et al.*, 2023). Apenas uma pequena fração dos campos localizados no perímetro urbano é de fato protegida pelo macrozoneamento municipal, o que evidencia um descompasso entre o reconhecimento técnico de sua importância e a proteção jurídica conferida (Silva; Botezelli, 2024; Pinheiro *et al.*, 2023), tornando espécies campestres ameaçadas, como *A. arvense*, particularmente vulneráveis à perda de micro-habitats, à interrupção de fluxos gênicos e ao aumento de distúrbios crônicos. No nível populacional, a resposta de plantas herbáceas perenes a essas mudanças ambientais e pressões antrópicas é modulada por componentes vitais como sobrevivência, crescimento, recrutamento e

rebrotas, organizados por filtros altitudinais, edáficos e de regime de fogo (Dahlgren; Ehrlén, 2009; Silveira *et al.*, 2016; Pausas *et al.*, 2018).

Considerando esse conjunto de atributos, aliados ao status de ameaça e à relevância sociocultural de *Anemopaegma arvense*, o desenvolvimento desta dissertação se justifica pela necessidade de integrar o conhecimento já produzido sobre a espécie às evidências ecológicas de suas populações, obtidas a partir da análise de sua estrutura populacional, dinâmica demográfica e respostas a distúrbios, em Campos de Altitude, especialmente em contextos urbanos. O objetivo geral desta dissertação foi sintetizar criticamente a produção científica acerca de *A. arvense* e avaliar como fatores ambientais e antrópicos modulam a sua estrutura e dinâmica populacional em remanescentes campestres de Poços de Caldas, visando gerar subsídios para sua conservação.

Assim, esta dissertação organiza-se em dois artigos complementares: o primeiro analisa a produção científica sobre *A. arvense* em bases internacionais, com o objetivo de identificar padrões temáticos e lacunas de pesquisa. No segundo artigo, desenvolvemos um estudo ecológico em populações naturais, com o objetivo de avaliar os efeitos das alterações ambientais e de perturbação antrópica, sobre a abundância, crescimento vegetativo e regeneração de *A. arvense* em remanescentes urbanos de Campos de Altitude na zona urbana de Poços de Caldas, MG. Em conjunto, os capítulos buscam fortalecer o enquadramento de *A. arvense* como espécie-sentinela da integridade ecológica desses ecossistemas montanos e oferecer bases científicas para sua conservação a longo prazo.

CAPÍTULO 1 - ARTIGO 1

UMA ESPÉCIE À MARGEM DA ECOLOGIA: ANÁLISE CRÍTICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza NO BRASIL

O artigo a seguir está formatado conforme as normas de publicação do periódico Ciência e Natura, ISSN 2179-460X e já foi submetido para a avaliação da mesma.

ABSTRACT

Anemopaegma arvense (Vell.) Stellfeld ex de Souza (Bignoniaceae), commonly known as Catuaba, is widely used in Brazilian traditional medicine due to its pharmacological potential. Despite its medicinal importance and its status as a threatened species, studies addressing its ecology and conservation remain scarce, which may compromise the development of effective management and preservation strategies. This study aimed to analyze the scientific production on *A. arvense* through a bibliometric approach, seeking to identify trends, authorship patterns, and knowledge gaps. To this end, a bibliometric survey was conducted using the Web of Science and Scopus databases, covering publications from 1978 to 2024. Indicators such as author productivity, keyword co-occurrence, and Lotka's Law were employed to assess the distribution of the most prolific contributors. The results revealed a significant concentration of studies focused on pharmacological aspects, with a limited representation of ecological and conservation research. This thematic asymmetry suggests that the lack of studies on geographic distribution, population dynamics, and environmental pressures may increase the species' vulnerability. Therefore, we conclude that expanding ecological investigations and promoting interdisciplinary integration are essential for ensuring the conservation of *A. arvense*.

Keywords: Scientometrics; Bioconservation; Montane grasslands.

RESUMO

A espécie *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (Bignoniaceae), conhecida popularmente como catuaba, é amplamente utilizada na medicina tradicional brasileira devido ao seu potencial farmacológico. Apesar de sua relevância medicinal e do status de espécie ameaçada, os estudos sobre sua ecologia e conservação ainda são escassos, o que pode comprometer estratégias eficazes de manejo e preservação. Este estudo teve como objetivo analisar a produção científica sobre *A. arvense* por meio de uma abordagem bibliométrica, buscando identificar tendências, padrões de autoria e lacunas de conhecimento. Para tanto, realizamos um levantamento bibliométrico nas bases *Web of Science* e *Scopus*, analisando artigos publicados de 1978 a 2024. Utilizamos indicadores de produtividade, co-ocorrência de palavras-chave e a Lei de Lotka para avaliar a distribuição dos autores mais relevantes. Os resultados evidenciaram uma concentração significativa de estudos voltados à farmacologia, com menor representação de pesquisas ecológicas e conservacionistas. Essa assimetria temática pode indicar que a ausência de estudos sobre a distribuição geográfica, dinâmica populacional e pressões ambientais pode aumentar a vulnerabilidade da espécie. Assim, concluímos que a ampliação de investigações ecológicas e a integração entre diferentes áreas do conhecimento são fundamentais para garantir a conservação de *A. arvense*.

Palavras-chave: Cientometria; Bioconservação; Campos de Altitude.

1 INTRODUCTION

Anemopaegma arvense (Vell.) Stellfeld ex de Souza (Bignoniaceae), is a significant medicinal species native to South America. In Brazil, its natural distribution is restricted to the Cerrado and Atlantic Forest biomes (Firetti, 2024). Commonly known as “true Catuaba,” the species has gained prominence in traditional medicine (Souza et al., 2013) and in conservation discussions due to its classification as “Endangered” (EN) (Firetti, 2024). *Anemopaegma arvense* is widely recognized in Brazilian ethnomedicine for its antioxidant, anti-inflammatory, and aphrodisiac properties and for its long-standing use in traditional healing practices. The species is commonly employed in the treatment of sexual dysfunction, fatigue, and nervous disorders, being regarded as part of the pharmacological heritage of South America (Mello et al., 2010; Souza et al., 2013; Firetti et al., 2017).

Recent studies highlight the species’ potential in modern medicine through its rich phytochemical profile, which includes flavonoids with antifungal activity (Costanzo et al., 2013) and triterpenoids that contribute to its application in treating various diseases, including neurodegenerative conditions, due to its neuroprotective properties that reduce cellular apoptosis (Ittiyavirah; Hameed, 2014). It also shows immune-related effects with the potential to counter oxidative stress (Pereira et al., 2007; De Andrade et al., 2008). These bioactive properties have attracted attention from the pharmaceutical industry for their potential therapeutic applications (Kokou et al., 2000; Shimizu, 2001; Yamashita, 2002; Mio et al., 2003).

Despite its pharmacological value, *A. arvense* is listed as Endangered (EN), primarily due to unsustainable harvesting practices and increasing habitat fragmentation resulting from agricultural and urban expansion (MMA, 2022). From an ecological perspective, Catuaba plays an important role in two Brazilian biodiversity hotspots, Atlantic Forest and Cerrado, which encompass various vegetation types, including montane grasslands (De Paula Loiola et al., 2010). Genetic studies on *A. arvense* populations reveal a significant diversity, which is crucial for the adaptation to environmental pressures and for maintaining the ecosystem resilience (Firetti-Leggieri, 2009). The species is characterized by a subshrub habit, woody roots, and showy white tubular flowers. Additionally, morphological and ecological adaptations, such as the presence of xylopodia and sprouting capacity, confer resilience in grassland environments with specific edaphic conditions and a marked seasonality, including prolonged dry periods (Batistini et al., 2009; Firetti-Leggieri et al., 2014).

As ecosystems inhabited by *A. arvense* continue to experience increasing anthropogenic pressures, the species’ genetic diversity has become a critical research focus to ensure the preservation of both its ecological functions and medicinal potential for future generations (Brandão et al., 2013; Souza et al., 2013). In this context, the role of scientific research is crucial for generating and disseminating new knowledge about the species. Publishing and promoting research on *A. arvense* not only expand the

academic understanding but also raises awareness among scientists and the society about the urgency of protecting the species and its habitats.

Given this scenario, bibliometric studies are based on the understanding that academic knowledge is materialized through scientific production. These studies enable the development of indicators to identify the most productive institutions and authors, the most frequently cited researchers in specific knowledge domains, and the recurring research themes and methodologies (Da Silva et al., 2019; Vouga Chueke; Amatucci, 2022).

Bibliometric research is supported by three foundational laws that provide a theoretical framework for analyzing scientific production. The first is Bradford's Law, which aims to identify the most relevant journals that disseminate a particular topic. The second, Zipf's Law, estimates the most recurrent themes in a given knowledge field by analyzing the keyword frequency across articles. Finally, Lotka's Law focuses on measuring the scientific impact and productivity of individual authors, identifying those with the most significant contributions in terms of quantity and influence (Vouga Chueke; Amatucci, 2022).

Given the ecological importance of species interactions in maintaining biodiversity, it is essential to develop studies focused on the conservation of *A. arvense*, particularly those examining its ecological dynamics and distribution across distinct vegetation types. However, despite its ecological and sociocultural relevance, the scientific knowledge on this species remains fragmented across different research fields. In this context, the present study aimed to analyze the scientific output on *A. arvense* through a bibliometric approach, seeking to identify research trends, authorship patterns, and knowledge gaps.

2 METHODOLOGY

This study adopts a quantitative approach based on a systematic literature review supported by bibliometric techniques. In accordance with Da Silva et al. (2022), the procedures included the definition of search strategies, database selection, application of inclusion and exclusion criteria, data screening, bibliographic data extraction, and bibliometric analysis of scientific production related to *Anemopaegma arvense*.

2.1 Data Sources and Search Strategy

The selected databases were Web of Science (WoS) (<http://www.webofknowledge.com>) and Scopus (<http://www.scopus.com>), due to their wide international use, reliability, comprehensive coverage

of peer-reviewed literature, and advanced functionality for filtering and extracting scientific data (Aria; Cuccurullo, 2017).

No temporal filter was applied, meaning that all the available publications indexed in the databases up to September 2024 were considered. The search strategy employed the terms “*Anemopaegma arvense*” and “*Anemopaegma mirandum*,” combined with the Boolean operator “OR” (in uppercase), thus including both the currently accepted name and its taxonomic synonym (Moraes; Kafure, 2020; Firetti-Leggieri et al., 2014). Specific filters were applied on each platform: in WoS, the “Topic” filter was used to search titles, abstracts, and keywords; in Scopus, the filters “abstract, title and keywords” were applied.

2.2 Inclusion and Exclusion Criteria

To ensure the consistency and relevance of the sample, clear inclusion and exclusion criteria were established. All the publications available in the WoS and Scopus databases up to September 2024 were included, with no language or time restrictions. Documents had to contain the defined descriptors from the search strategy and be indexed in the selected databases, encompassing scientific articles, reviews, conference proceedings, book chapters, and conference papers.

Conversely, records with incomplete metadata (e.g., missing titles, abstracts, or author names) and those that upon an exploratory reading of the metadata, were found to be unrelated to the research topic were excluded. Duplicate entries identified during the dataset merge were also removed to avoid biases arising from publication repetition.

2.3 Data Extraction, Processing, and Analysis

The systematic search in WoS and Scopus conducted in September 2024 initially retrieved 48 documents related to *Anemopaegma arvense*, with 20 from WoS and 28 from Scopus. Bibliometric data were exported in text (.txt) and spreadsheet (.csv) formats. Data conversion and processing were performed using R software (R Core Team, 2021) with the Bibliometrix package (Aria; Cuccurullo, 2017). The exported files were first converted into BibTeX format using the `convert2df` function. Subsequently, the datasets were unified and normalized using the `data_combined` function, which removed the duplicates and adjusted the variable structures.

The next step involved applying the `biblioAnalysis` function, followed by the `summary` function. The first provided descriptive bibliometric outputs, including data on authors, journals, and citations. The second summarized these outputs with statistical metrics such as number of documents, authors, citations,

and bibliometric indices. However, during a manual revision of the output, serious inconsistencies were identified that affected the entire dataset. Several articles were listed in both databases with slight variations in fields such as author names, citation counts, or entry formatting, which hindered an automatic duplicate detection via the `data_combined` function. Additionally, author name parsing errors, such as treating compound surnames as distinct individuals, and citation grouping issues compromised the reliability of the results generated by automated functions.

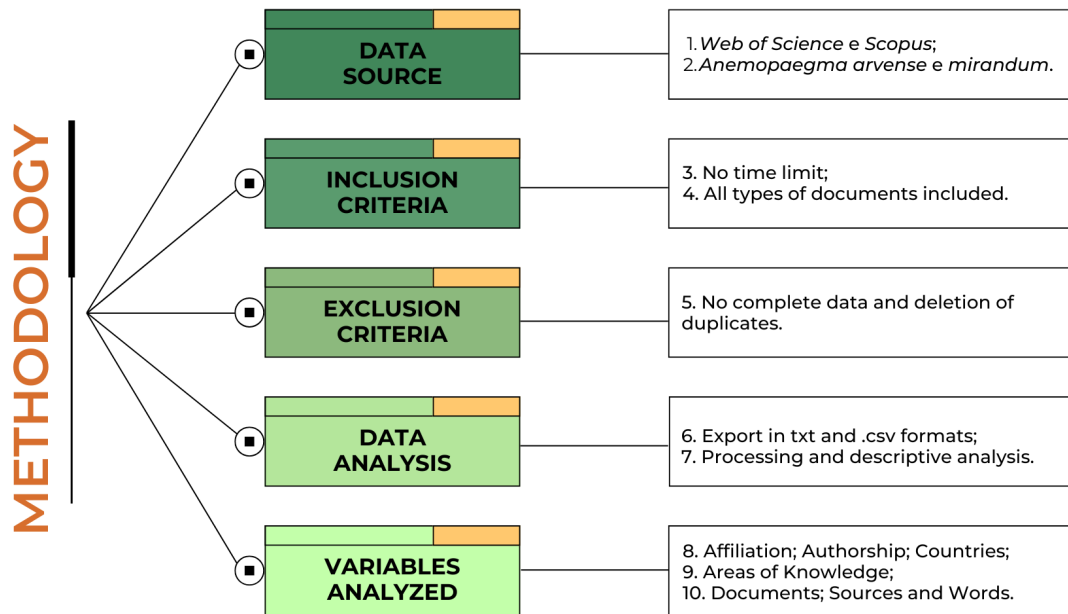
2.4 Analyzed Variables

The bibliometric analysis considered a set of variables grouped into analytical categories to facilitate the systematization and interpretation of the results. Initially, variables related to the author's institutional affiliation were assessed to identify the most productive institutions over time. Next, the authorship was analyzed, with a focus on the most influential authors, along with the application of Lotka's Law to evaluate the distribution of productivity among researchers. The geographic dimension was addressed in the "countries" category, which included national output, international collaboration, and citation counts by country.

Regarding the documents, the analysis included an annual scientific output, globally most-cited articles, average citations per year, and total yearly citations. Journals and keywords were also examined to identify the most relevant publication venues, keyword frequency over time, and word cloud generation. Finally, the distribution of subject areas associated with the publications was evaluated, based on the core theme of each study.

The results were organized into five categories for the presentation: (i) Affiliation (highlighting the most relevant institutions), (ii) Authorship (showing the most productive authors and applying Lotka's Law), (iii) Countries (covering the most-cited countries, national production, and international collaboration), (iv) Documents (reporting the annual production and the most-cited works), and (v) Sources and Keywords (revealing the keyword frequency and the word cloud) (Figure 1). Visualizations were generated using the `ggplot2` package in the R software (R Core Team, 2021).

Figure 1 – Methodological steps applied for the systematic literature review.



Source: Authors (2025).

3 RESULTS AND DISCUSSION

The issues encountered during the data collection stage reflect limitations in the international standardization of metadata provided by scientific journals. The bibliometric errors identified in the analysis - such as duplicated articles, improper author fragmentation, and inconsistent records - reveal structural shortcomings in scientific databases such as Web of Science (WoS) and Scopus. These problems directly affect the reliability of the analyses and may compromise the interpretations of the scientific production in a given field. Moreover, the observed inconsistencies underscore the importance of deeper discussions regarding the standardization of international journal metadata. The lack of a uniform data normalization system undermines the quality of bibliometric analyses and can result in distortions in key indicators used in the scientific evaluation, such as the number of publications, the author impact, and the institutional collaborations. Therefore, it is essential to develop stricter guidelines for information curation in these databases, ensuring greater accuracy and reliability for researchers who rely on these platforms as primary data sources.

After a thorough process of manual review and curation, the final corpus was reduced to 28 scientific articles. This data filtering and validation step was crucial to ensure the consistency of the bibliometric results and to mitigate the distortions that could compromise subsequent analyses. All 28

articles were published in academic journals (national and international) and covering the period from 1978 to 2024. Among these, 20 were published in international journals and 8 in Brazilian journals. This data filtering and validation step was crucial to ensure the consistency of the bibliometric results and to mitigate the distortions that could compromise subsequent analyses.

Given the problems identified, manual analyses were conducted across the following dimensions: institutional affiliation, authorship, countries, documents, sources, and keywords. These reviews involved the individual inspection of records, with a cross-verification of metadata directly on the WoS and Scopus platforms. The authors' names, year of publication, institutional affiliation, annual and total citations, as well as the correct application of formulas for calculating the citation rates and Lotka's Law were all verified.

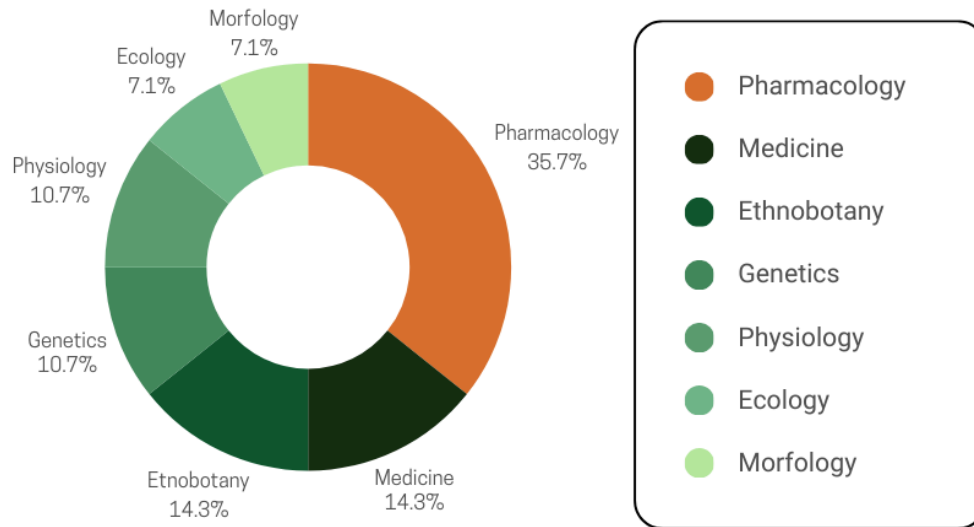
In order to understand the predominant thematic focuses of the analyzed publications, a thematic categorization of the 28 articles was carried out based on an analytical reading of titles, abstracts, and keywords from each document. The categorization criteria considered the central topic addressed in each publication and were defined to reflect the main areas of knowledge to which the study was most closely related.

The results of the categorization revealed the presence of seven main fields of study among the analyzed documents, with the following proportions: pharmacology (35.7%), medicine (14.3%), ethnobotany (14.3%), genetics (10.7%), physiology (10.7%), ecology (7.1%), and morphology (7.1%). These data were synthesized in an illustrative infographic (Figure 2).

Figure 2 – Classification by field of study of the 28 articles on *A. arvense* found in the bibliometric analysis.

Categorization of articles on *A. arvense*

28 articles



Source: Authors (2025)

3.1 Overview of the analyzed articles

The analysis of the 28 selected articles on *A. arvense* revealed that the scientific production is largely concentrated in the areas of pharmacology, phytochemistry, and ethnobotany. Notable journals include *Planta Medica*, with four publications, and the *Journal of Ethnopharmacology*, with three publications. Other journals featured include the *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* and *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, with two and one publications, respectively.

In the pharmacological and phytochemical field, 17 out of the 28 articles focused on the characterization of bioactive compounds and the validation of biological activities of plant extracts. The works of Tabanca et al. (2007), Uchino et al. (2004), and Mendes et al. (2011) stand out, as they isolated flavonoids which were linked to antioxidant and cytoprotective effects in cellular models. Complementary studies such as those by Guarim Neto and Morais (2003) and Teixeira et al. (2024) demonstrated antimicrobial activity of the extracts against relevant bacterial and fungal strains, such as *Trichophyton rubrum*. An antioxidant activity also recurred in studies such as Zielinski et al. (2019) and Ribeiro et al. (2017), which positioned *A. arvense* among the Brazilian species with the highest free radical scavenging

capacity. These findings provide scientific support for its traditional use as stimulant, as suggested by ethnobotanical studies like Pires et al. (2019), and validate its inclusion in phytotherapeutic and nutraceutical formulations. Still within the pharmacological approach, some studies - such as Souza et al. (2015) - explored in vivo experimental models, observing anxiolytic and aphrodisiac effects in rodents. Similarly, Firetti-Leggieri et al. (2011) reported anti-inflammatory properties associated with plant fractions. Although the extraction methods, plant parts used (root, stem, or leaves), and evaluation models vary across the studies, there is consensus regarding the robustness of the species' pharmacological properties, justifying the predominance of publications in journals such as *Planta Medica* and the *Journal of Ethnopharmacology* (Rieder; Fernandes, 2011).

In contrast to this predominant body of research, a few studies addressed the ecological role or conservation aspects of *A. arvense*. Only Elias and Prance (1978) and Batistini et al. (2009) explored the ecological interactions and genetic diversity, respectively. The former revealed the presence of extrafloral nectaries on the fruits of the species, suggesting a possible ant-mediated mutualistic defense mechanism, an unprecedented finding at the time, which has received limited subsequent attention in the scientific literature. The latter, by applying RAPD markers to natural populations in Cerrado, demonstrated a high intra-population genetic variability while also warning of habitat fragmentation and compromised gene flow - critical points in terms of conservation.

In the field of ethnobotany, articles such as Ferraro et al. (2021) and Kletter (2004) documented the traditional use of the species by Amazonian and traditional Brazilian populations, often linking it to treatments for fatigue, impotence, and neurological disorders. These contributions are essential for contextualizing contemporary pharmacological investigations, bridging traditional knowledge and recent scientific discoveries. The morphoanatomical literature, represented by Pereira et al. (2003), De Andrade et al. (2008) and Mauro et al. (2007), focused on the description of vegetative structures such as cortex, xylem, and secretory canals, which are fundamental for the standardization and quality control of the herbal drug. Although limited, this line of research provides crucial tools for ensuring the botanical authenticity of products marketed under the name "catuaba", as this popular designation encompasses multiple plant species, increasing the risk of misidentification and adulteration in commercial products.

Finally, some articles were classified as interdisciplinary studies in the bibliometric analysis, as they combined mixed or complementary approaches. This is the case of Costanzo et al. (2013) and Mello et al. (2010), which, while maintaining a phytochemical focus, also incorporated taxonomic and micromorphological analyses of plant structures, thus bridging botanical and pharmacological fields. Brandão et al. (2013), Daolio et al. (2008), and Glasl et al. (2003) were similarly classified within this interdisciplinary category, as they investigated the chemical composition of species related to or confused

with *A. arvense*, raising important concerns regarding adulteration and fraud in phytotherapeutic supply chains.

This integrated analysis supports the conclusion that, although there is a growing body of pharmacological and phytochemical evidence on *Anemopaegma arvense*, a thematic imbalance persists. Studies addressing ecology, population dynamics, pollination, and conservation remain scarce, indicating important gaps that require attention. The absence of ecological protocols or field studies exacerbates the risk of indiscriminate use of the species without assessing sustainability or environmental impact. On the other hand, the strong convergence of pharmacological studies around antioxidant and anti-inflammatory compounds suggests a solid foundation for future clinical research once they are accompanied by rigorous botanical and genetic quality control.

3.2 Temporal patterns

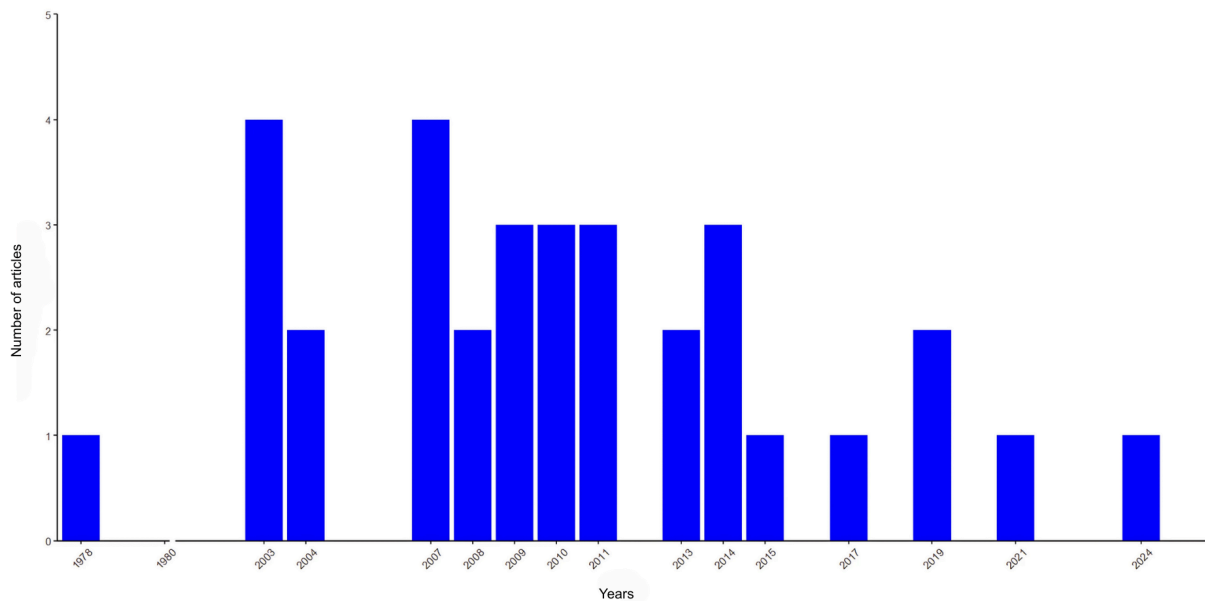
The annual scientific production on *Anemopaegma arvense* has demonstrated a fluctuating pattern over the decades. The first record dates back to 1978, followed by a long period of inactivity until the early 2000s (Figure 3). From that point onward, a punctual increase was observed, with notable peaks in 2003 and 2007, followed by another decline and, subsequently, a relative stabilization around 2010. In the more recent period (2015 to 2024), publications have remained sparse, with occasional contributions and no clear trend of sustained growth. This behavior reflects a pattern also observed in other medicinal species whose scientific investigation tends to fluctuate over time, influenced by institutional priorities, funding availability, and academic trends. Similarly, an analysis of bibliographic trends involving five medicinal plants associated with wound healing identified an irregular distribution of publications, suggesting the aforementioned factors, along with technological advancements that directly impact the academic output related to pharmacologically relevant plant species (Dos Santos et al., 2025). Another example can be found in a bibliometric analysis on traditional medicine and ethnobotanical research, which reveals an unstable growth trajectory in the recent decades, with surges in specific periods followed by intervals of reduced activity (Nanisfi et al., 2025).

Specifically, regarding *A. arvense*, the few ecological studies available are concentrated in more recent years, particularly after 2017, indicating a delayed emergence of interest in the species' environmental and conservation-related aspects. This scenario underscores the scarcity of continuous ecological investigations and points to a promising yet underexplored research field. Although the most recent data do not reveal a significant increase in the number of publications, a diversification in methodological approaches and research domains has been observed. In recent decades, for example, robust pharmacological studies have validated antioxidant activities, as seen in the works of Zielinski et al.

(2019) and Uchino et al. (2004), while ethnobotanical explorations have been conducted in distinct sociocultural contexts, such as the study by Ferraro et al. (2021).

Nevertheless, scientific production focusing on the ecological aspects of the species remains extremely limited and is restricted to two specific moments: 1978, with the pioneering publication by Elias and Prance on ecological interactions mediated by extrafloral nectaries; and 2009, with the study by Batistini et al. addressing the population genetic diversity in Cerrado areas. These data highlight the thematic concentration within the scientific literature and indicate a substantial temporal gap in ecological investigations of the species, which remain marginal in the context of the prevailing pharmacological research focus.

Figure 3 – Annual scientific production on the species *Anemopaegma arvense*, from 1978 to 2024.



Source: Authors (2025)

Still regarding the gap observed on the graph of the annual scientific production between 1978 and 2003 (Figure 3), the more than two decades without new studies may be associated with the absence of specific environmental policies for the Atlantic Forest ecosystems, one of the native biomes of the species, during that period. It was only with the enactment of the Federal Law No. 11.428/2006, known as the Atlantic Forest Law, that Brazil established a structured legal framework to regulate the use, suppression, and licensing of activities in the native vegetation areas of this biome. Prior to this, although more general

environmental regulations existed, there was no effective protection for secondary vegetation or areas in the early stages of regeneration, which hindered both legally authorized management and the funding of research on local biodiversity. As highlighted by Fernandes et al. (2022), the implementation of specific legislation significantly increased the environmental monitoring and the requirement for Environmental Impact Assessments (EIAs), thereby encouraging the development of research projects in areas previously vulnerable to unregulated exploitation. Thus, it is plausible to assume that the study gap from 1978 to 2000 is linked to a context that predates the consolidation of public policies aimed at the conservation of the Atlantic Forest.

The bibliometric analysis of the most globally cited documents revealed the key articles that have significantly contributed to the advancement of knowledge about *A. arvense* (Table 1). Among them, the study by Ribeiro et al. (2017), published in the Journal of Ethnopharmacology, stands out with 167 citations and an average of 23.85 citations per year. It is a broad review of Brazilian medicinal plants with antioxidant potential, in which Catuaba is presented as one of several examples. Therefore, although the article indirectly contributes to the consolidation of knowledge on the species, the citations it receives cannot be directly attributed to *A. arvense*. Making this distinction is essential to avoid overestimating the species' impact and to ensure precision in identifying the specific scientific contributions related to this plant.

These data highlight the thematic concentration of the scientific literature and indicate a substantial temporal gap in the ecological investigations of the species, which remain marginal in the context of the prevailing pharmacological research focus.

Table 1 – Description of the most globally cited published documents on *Anemopaegma arvense*, highlighting their citation rates.

| Title | Total citations | CT per year | CT normalized |
|---|------------------------|--------------------|----------------------|
| Ethnobotanical study of medicinal plants used by Ribeirinhos in the North Araguaia Microregion, Mato Grosso, Brazil | 167 | 23,85 | 1,00 |
| Medicinal resources of species from Cerrado of Mato Grosso: a bibliographic study | 118 | 5,6 | 0,23 |
| Brazilian plants as possible adaptogens: An ethnopharmacological survey of books edited in Brazil | 77 | 4,52 | 0,18 |
| Nectaries on the fruit of <i>Crescentia</i> and other Bignoniaceae | 57 | 1,23 | 0,05 |
| Flavan-3-ol-phenylpropanoid conjugates from <i>Anemopaegma arvense</i> and their antioxidant activities | 31 | 1,82 | 0,07 |
| Tonic, fortifier and aphrodisiac: adaptogens in the Brazilian folk medicine | 27 | 2,7 | 0,08 |

| | | | |
|--|----|------|------|
| Effects of the extract of <i>Anemopaegma mirandum</i> (Catuaba) on Rotenone-induced apoptosis in human neuroblastomas SH-SY5Y cells | 26 | 1,62 | 0,06 |
| Changes in the trade in native medicinal plants in Brazilian public markets | 24 | 2,18 | 0,09 |
| Classification of commercial Catuaba samples by NMR, HPLC and chemometrics | 23 | 1,43 | 0,05 |
| Chromosome studies in bignoniaceae (Bignoniaceae): The first record of polyploidy in <i>Anemopaegma</i> | 16 | 1,23 | 0,05 |
| Anatomical study of the Cerrado species <i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stellf. ex de Souza (catuaba), <i>Zeyheria montana</i> Mart. (shepherd's purse) and <i>Jacaranda decurrens</i> Chamisso (caroba) - Bignoniaceae | 16 | 0,94 | 0,03 |
| Morphological, chemical and functional analysis of Catuaba preparations | 16 | 0,75 | 0,03 |
| Potent protecting effects of Catuaba (<i>Anemopaegma mirandum</i>) extracts against hydrogen peroxide-induced cytotoxicity | 15 | 0,75 | 0,03 |
| Micropropagation of <i>Anemopaegma arvense</i> : conservation of an endangered medicinal plant | 11 | 0,72 | 0,02 |
| Using leaf anatomy to solve taxonomic problems within the <i>Anemopaegma arvense</i> species complex (Bignoniae, Bignoniaceae) | 9 | 0,90 | 0,03 |
| Evaluating belowground bud banks of native species from Cerrado: Structural, chemical, and ecological approaches | 90 | 3,00 | 0,13 |
| Seed germination and triterpenoid content of <i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stellfeld varieties | 8 | 0,47 | 0,02 |
| Genetic diversity of natural populations of <i>Anemopaegma arvense</i> (Bignoniaceae) in Cerrado of São Paulo State, Brazil | 8 | 0,53 | 0,02 |
| Herbs treating Parkinson's disease | 7 | 0,70 | 0,02 |
| Development of gluten-free cookies from medicinal plants (Guaraná - <i>Paullinia cupana</i> and Catuaba - <i>Anemopaegma mirandum</i>) aiming at copper, iron, and zinc supplementation | 6 | 0,40 | 0,02 |
| Isolation of flavonoids from <i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stellf. ex de Souza and their antifungal activity against <i>Trichophyton rubrum</i> | 5 | 0,45 | 0,02 |
| In vitro rooting of Catuaba (<i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stell. ex de Souza), a medicinal plant from Cerrado | 4 | 0,44 | 0,02 |
| Toxicity study of a phytotherapeutic with <i>Anemopaegma mirandum</i> , <i>Cola nitida</i> , <i>Passiflora alata</i> , <i>Paullinia cupana</i> , <i>Ptychopetalum olacoides</i> and thiamin in rabbits | 3 | 0,21 | 0,01 |
| The traditional use of native Brazilian plants for male sexual dysfunction: Evidence from ethnomedicinal applications, animal models, and possible mechanisms of action | 3 | 0,00 | 0,00 |
| Evaluation of the Phenolics and in vitro Antioxidant Activity of Different Botanical Herbals Used for Tea Infusions in Brazil | 1 | 0,20 | 0,1 |
| Tropane alkaloids from a Brazilian bark traded as "Catuaba" | 1 | 0,04 | 0,00 |

| | | | |
|---|---|------|------|
| USO of factor planning to evaluate the level of germination of <i>L. Sativa</i> and <i>L. Esculentum</i> front of two medicinal plants in capital | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Medicinal plant bioactivity - Catuaba (<i>Anemopaegma arvense</i> (Vell) Stellfeld JF & de Souza) on <i>Spodoptera frugiperda</i> (JE Smith) Lepidoptera: Noctuidae) in the larval stage | 0 | 0,00 | 0,00 |

Source: Organized by the authors (2025). As follows: TC: Total Citations; TC per year: calculated by dividing the total number of citations by the number of years since the publication up to the reference year (2024); Normalized TC: citation value scaled relative to a standard reference value (in this case, 1.0), with other values adjusted proportionally.

Another noteworthy study was published by Guarim Neto and Morais (2003) in *Acta Botanica Brasilica*, accumulating 118 citations with an average of 5.61 citations per year. This article stands out for its in-depth exploration of fundamental botanical aspects of the species, serving as a foundation for subsequent research. Similarly, the work by Mendes and Carlini (2007), published in the *Journal of Ethnopharmacology*, recorded 77 total citations and an annual average of 4.52, furthering investigations into the therapeutic applications of *Anemopaegma arvense*.

From a historical perspective, Elias and Prance (1978), published in *Brittonia*, received 57 citations, with an average citation rate of 1.23 per year. This pioneering study provided essential ecological and botanical data on *A. arvense*, including the first description of extrafloral nectaries on the species' fruits - a significant finding for the plant-animal interaction research. Also, within the ecological and conservation scope, the article by Batistini et al. (2009), published in *Genetics and Molecular Research*, recorded 32 citations, averaging 1.78 citations per year. This study assessed the genetic diversity of natural populations of *A. arvense* in the Cerrado biome and remains one of the few contributions focusing on the species' conservation biology.

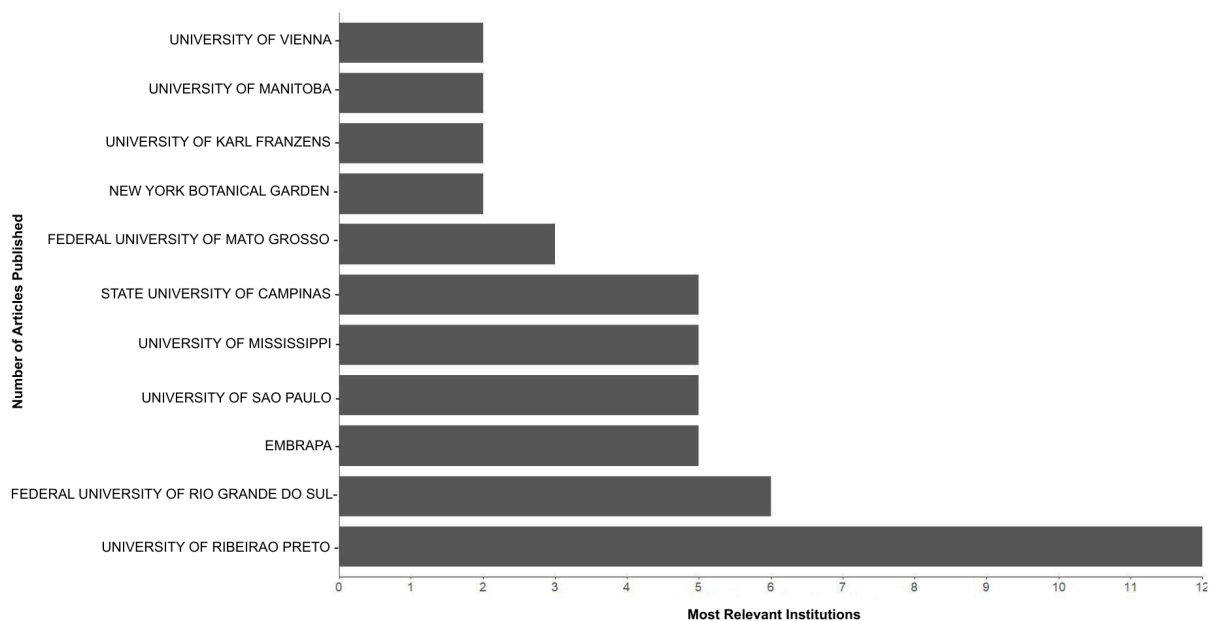
Compared to the most cited pharmacological papers, studies with an ecological emphasis show a more modest bibliometric performance, highlighting a lower visibility of this research line within the international scientific community. Nevertheless, their strategic importance is undeniable, as they provide essential insights for in situ conservation and the sustainable use of the species. In the pharmacological field, the study by Tabanca et al. (2007), published in *Planta Medica*, stands out with 31 citations and an annual average of 1.82. The authors isolated and characterized flavonoid compounds with an antioxidant activity, reinforcing the species' therapeutic potential.

The contrast between these thematic fields reveals a stronger academic valuation of *A. arvense*'s bioactive properties, while the ecological studies, despite their foundational relevance, remain underrepresented in both impact and research output.

3.3 Affiliations and Countries

The analysis of the affiliations of authors who have published studies on *A. arvense* reveals a diverse landscape of scientific collaboration, with both Brazilian and international institutions playing significant roles in the production of knowledge about the species (Figure 4). The University of Ribeirão Preto stands out as the most productive institution, with 12 published articles, followed by the Federal University of Rio Grande do Sul (6 articles) and the University of São Paulo (5 articles). These Brazilian institutions lead the research on Catuaba, reflecting the species' importance within the context of biodiversity and traditional Brazilian medicine (Firetti, 2024; Souza et al., 2013).

Figure 4 – Institutions published on the species *Anemopaegma arvense* and their respective contributions.



Source: Authors (2025)

The Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa) plays a key role in advancing the research on *A. arvense*, ranking among the national institutions with the highest number of publications, five in total. Although most of these studies are focused on phytochemical, pharmacological, or morpho-anatomical analyses, as evidenced by Brandão et al. (2013); Souza et al. (2013) and Mauro et al. (2007), Embrapa's involvement suggests a strategic potential for future integrated initiatives in biodiversity conservation and a sustainable use of the species, particularly in the Cerrado and Atlantic Forest biomes, where the plant naturally occurs. Other notable institutions include the University of Campinas (five articles) and the Federal University of Mato Grosso (three articles), whose contributions

also predominantly focus on the medicinal and pharmacological properties of the species, as seen in Mello et al. (2010) and Firetti et al. (2017).

In addition to Brazilian institutions, the University of Mississippi and the University of Vienna stand out internationally, with five and two articles published, respectively, indicating a global interest in the pharmacological potential of *A. arvense*, particularly in the identification of bioactive compounds and their therapeutic applications (Tabanca et al., 2007; Uchino et al., 2004). Regarding international collaboration, Brazil has established limited co-authorship links with the United States, Canada, the Czech Republic, and Argentina. Although the overall rate of international co-authorship remains relatively low, this pattern should not be interpreted as a limitation but rather as a reflection of Brazil's scientific leadership in research on native species. At the global level, Brazil leads the scientific output on *A. arvense*, accounting for 31.03% of publications (9 articles), followed by Germany (17.24%; 5 articles) and the United States (13.79%; 4 articles). This dominance reflects the species' relevance within Brazilian biodiversity and traditional medicine, particularly in the Cerrado and Atlantic Forest, and reinforces the strategic role of national institutions in leading research, technological development, and sustainable management aligned with the principles of the Convention on Biological Diversity (CBD) and national sovereignty over genetic resources (Souza et al., 2013; Firetti, 2024).

The predominance of Brazilian academic research on *A. arvense* is consistent with the patterns observed in other native medicinal plants, such as *Paullinia cupana* (guaraná) and *Pfaffia glomerata* (brazilian ginseng), whose scientific exploration is often led by national institutions with occasional international collaborations (Marques et al., 2019; De Oliveira et al., 2009; Ribeiro et al., 2024). Although these species have gained a greater international recognition—especially due to their integration into global production chains—a significant portion of the knowledge generated about them remains outside the public domain, as it is associated with private research initiatives aimed at the development of patented pharmaceutical and nutraceutical products. This phenomenon limits the data dissemination in scientific journals and distorts the perception of the actual volume of research output.

In the case of *A. arvense*, its lower visibility in international databases may not only stem from a less industrial exploitation but also from a lack of interdisciplinary studies integrating pharmacological, ecological, and conservationist aspects. The academic research thus plays a strategic role in providing a robust scientific foundation that can support both public policy formulation and the development of conservation tools for the species and its natural habitats. It is essential for future studies to move beyond the commercial valorization to include the generation of ecological data that can strengthen the environmental management and the sustainable use of Brazil's biodiversity.

3.4 Authorship

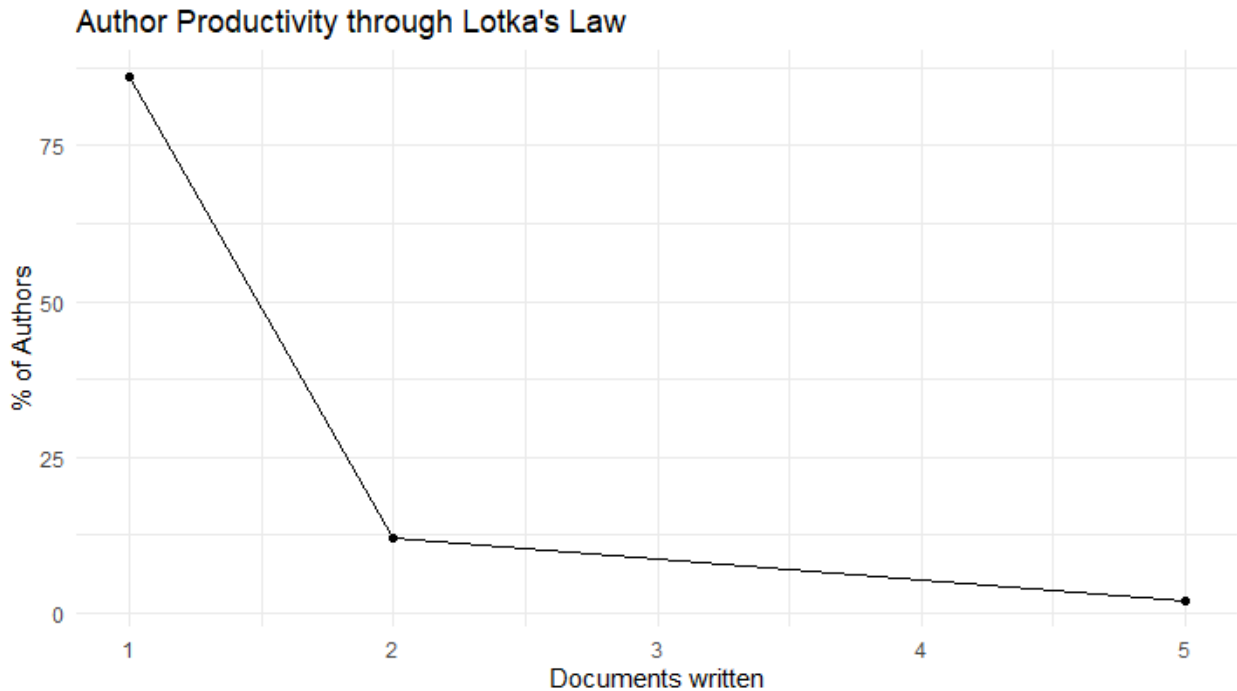
The authorship analysis revealed that the 28 articles were authored by 114 distinct individuals, with only one work being single-authored. Most contributors appeared in only one or two papers, indicating a relatively dispersed pattern of scientific contributions. However, the recurrence of certain names suggests the presence of small research clusters dedicated to the study of *Anemopaegma arvense*. Although few researchers contributed to more than three publications within the analyzed corpus, their work is concentrated in specific thematic domains such as pharmacology, phytochemistry, and plant anatomy, demonstrating a pattern of thematic specialization.

This distribution reveals a heterogeneous authorship pattern, in which a small group of researchers accounts for most of the scientific output. This phenomenon aligns with Lotka's Law (Figure 5), which describes the inverse relationship between the number of authors and their publication productivity—most authors publish only one paper, while a minority contributes disproportionately to the total output.

Such a pattern is widely observed across various scientific disciplines, including studies on native medicinal species. For instance, Souza et al. (2020), in their bibliometric study on *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão), also confirmed a high concentration of scientific output among a few contributors. Therefore, in line with previous bibliometric analyses on Brazilian native medicinal plants, the low evenness in the distribution of research efforts among the authors observed in the present study for *A. arvense* adheres to the pattern predicted by Lotka's Law.

The non-application of Bradford's and Zipf's Laws is justified by the limited number of publications identified on *A. arvense*—with only 28 articles analyzed, the dataset lacked the critical mass required to generate statistically representative distributions. Bradford's Law necessitates a broad dispersion of journals to identify core zones of productivity, while Zipf's Law requires a high frequency and variety of keywords to establish significant lexical patterns. Therefore, given the restricted nature of the dataset, the analysis was focused on variables offering a greater methodological robustness and interpretive validity in the context of the study.

Figure 5 – Authors' productivity based on the bibliometric analysis of studies on *Anemopaegma arvense*.



Source: Authors (2025)

3.5 Sources and Keywords

The word cloud generated reflects recurring themes and thematic relationships within the literature about *A. arvense*, highlighting both traditional aspects and potential gaps for future research (Figure 6). The predominance of the terms “Brazil” (10 occurrences), “medicinal plant” (6), and “traditional medicine” (3) confirms Brazil as the central region of study and underscores the medicinal relevance of *A. arvense*. These findings emphasize the role of the plant as both a cultural and pharmacological resource, particularly within the Cerrado and Atlantic Forest biomes (Firetti et al., 2017). Under the theoretical frameworks of ethnobotany and ethnopharmacology, this reflects the appreciation of Brazilian biodiversity and its link to traditional healthcare practices (Pasa et al., 2022; Ferreira et al., 2021).

Figure 6 – Word cloud of the most frequently occurring terms found in the keywords and abstracts of the 29 analyzed articles; the larger the font size, the higher the frequency of occurrences.



Source: Authors (2025)

This finding is confirmed by the frequency of terms such as “bark” and “plant extract” (4 occurrences each), as well as “tannins” and “tropane alkaloid” (2 each), underscoring the importance of Catuaba's chemical properties and its medicinal applications. These compounds reflect the ongoing ethnopharmacological interest in identifying bioactive substances for phytotherapeutic development. Bioprospecting could be applied to further explore the connection between these compounds and their therapeutic potential, including the analysis of triterpenes and flavonoids for neuroprotective and antioxidant applications, as previously reported by Pereira et al. (2007) and De Andrade et al. (2008). However, the simultaneous presence of “unclassified drug” (4) suggests that some studies have not yet fully categorized the bioactive compounds, indicating an opportunity for complementary investigations.

In the field of ethnobotany, the terms “ethnobotany” (2) and “traditional medicine” (3) reinforce the species' cultural significance, particularly in Brazilian traditional healing practices. This perspective could be analyzed considering the concept of *biocultural heritage*, which integrates traditional knowledge and biodiversity (Lindholm; Ekblom, 2019; Bastos et al., 2022; Ramos, 2024). It also highlights the need for closer collaboration between local communities and researchers to ensure ethical and sustainable applications of traditional knowledge, as emphasized in policy frameworks such as the Convention on Biological Diversity (CBD). Furthermore, the low frequency of terms such as “commerce” and

“controlled study” (2 each) suggests that the translation of this knowledge into commercial or evidence-based practices remains limited.

Although the terms “biodiversity” (2) and “conservation” (4) are present, their low frequency indicates an underrepresentation of ecological dynamics in *A. arvense* research—already highlighted in this study as essential for the resilience of the grassland ecosystems and the ecological interactions within their habitats. Theoretically, this reinforces the need to address the species' sustainability within an integrated model that includes both medicinal exploitation and environmental management strategies.

The co-occurrence analysis of terms, represented through the word cloud, revealed a methodological pattern similar to that proposed by Klarin (2024), who employs this technique to map intellectual structures and identify thematic gaps in scientific domains. Our results indicate that the scientific production on *A. arvense* is predominantly concentrated in pharmacological journals, whereas ecological and conservation-related approaches remain underrepresented. This thematic imbalance highlights the relevance of co-occurrence analysis as a diagnostic tool for identifying knowledge gaps and guiding future research toward ecological questions that are essential for the development of management and conservation strategies for the species.

The keyword mapping provided a detailed view of dominant themes and gaps related to ecological and conservation issues, emphasizing the need for an interdisciplinary approach to balance the research focus on this species. One of the most promising conservation-related themes for *A. arvense* is its genetic diversity, which is essential for resilience and adaptation, and could be further investigated through interdisciplinary collaborations and comparative studies across vegetation types. Genetic diversity studies, such as those by Batistini et al. (2009), could be expanded to include habitat fragmentation and anthropogenic pressures. Incorporating concepts such as *ecological adaptability* and *ecosystem services* could enrich discussions on the ecological role of *A. arvense*, particularly in fragmented habitats and regions under anthropogenic stress (Soh et al., 2019; He et al., 2019). Studies since 2019 have emphasized the importance of interdisciplinary approaches that combine genetic resilience with the ecosystem service maintenance to ensure the conservation of medicinal plants in threatened environments (He et al., 2019; Sharma; Birman, 2024).

The lack of ecological research on *A. arvense* may jeopardize its conservation, increasing the species' vulnerability to anthropogenic pressures. Recent studies support this trend, emphasizing the importance of genetic diversity for the resilience and adaptive capacity of medicinal plants. Kadam and Pawar (2020) argue that the conservation of medicinal species must go beyond sustainable harvesting and include strategies to preserve genetic diversity both *in situ* and *ex situ*. Similarly, Nuraga et al. (2022) show that genetic variability plays a key role in the species survival and sustainable utilization, reinforcing the need for ecological research to complement pharmacological studies.

Another relevant aspect for the conservation of *A. arvense* involves the use of modern biotechnologies that may assist in preserving genetic diversity, which is directly related to ecological resilience. Maintaining this diversity in natural populations is essential for adaptation to environmental changes (Niazian, 2019; Carvalho et al., 2019). Additionally, Wang (2020) highlights that threatened medicinal species require population management strategies to prevent genetic erosion, which could impair their regeneration and propagation. Thus, the underrepresentation of ecological studies on Catuaba poses a significant risk to its conservation, underscoring the need to integrate genetic, ecological, and pharmacological approaches to ensure its long-term sustainability and protection.

In conclusion, the scarcity of ecological research on Catuaba is particularly concerning given its presence in vulnerable ecosystems such as the Atlantic Forest and the Highland Grasslands, where the habitat fragmentation and the environmental degradation are increasing. The absence of data on population distribution, reproductive patterns, and ecological interactions hinders a precise assessment of the species' current threat level and limits the implementation of effective conservation strategies. Without urgent conservation efforts, *A. arvense* risks becoming even rarer or disappearing before its ecological role is fully understood. Integrative studies are essential to ensure the species' conservation and biological potential, avoiding a scenario in which its loss represents not only an environmental impact but also the extinction of traditional knowledge and unexplored medicinal applications.

4 CONCLUSIONS

This study concludes that the scientific knowledge on *Anemopaegma arvense* is marked by a pronounced thematic imbalance, with a strong predominance of pharmacological research and a persistent lack of ecological and conservation-oriented studies. This gap limits the understanding of the species' biology, population dynamics, and responses to environmental and anthropogenic pressures, directly constraining the development of effective management and conservation strategies. By diagnosing this imbalance, the bibliometric analysis highlights the urgent need to expand ecological investigations on *A. arvense*, particularly those addressing its distribution, population structure, and resilience to disturbances. Integrating ecological, pharmacological, and conservation approaches emerges as a critical pathway to support evidence-based management, safeguard natural populations, and ensure the continuity of traditional knowledge associated with the species. Ultimately, advancing ecological research on *A. arvense*, aligned with existing legal frameworks such as Federal Law No. 11.428/2006 and State Law No. 20.922/2013, is essential for translating scientific knowledge into effective conservation actions and for promoting the responsible use of Brazilian biodiversity.

5 REFERENCES

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of informetrics*, 11(4), 959-975.
- Bastos, J. G., Kury, L., Hanazaki, N., Capozzi, R., & Fonseca-Kruel, V. S. D. (2022). A biodiversity hotspot losing its biocultural heritage: the challenge to biocultural conservation of brazilwood (*Paubrasilia echinata*). *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, 696757.
- Batistini, A. P., Telles, M. P. C., Bertoni, B. W., Coppede, J. D. S., Moro, F. V., França, S. D. C., & Pereira, A. M. S. (2009). Genetic diversity of natural populations of *Anemopaegma arvense* (Bignoniaceae) in the Cerrado of São Paulo State, Brazil.
- Brandão, M. D. G. L., Cosenza, G. P., Pereira, F. L., Vasconcelos, A. S., & Fagg, C. W. (2013). Changes in the trade in native medicinal plants in Brazilian public markets. *Environmental monitoring and assessment*, 185, 7013-7023.
- Carvalho, Y. G., Vitorino, L. C., Souza, U. J. D., & Bessa, L. A. (2019). Recent trends in research on the genetic diversity of plants: Implications for conservation. *Diversity*, 11(4), 62.
- Costanzo, C. D. G., Fernandes, V. C., Zingaretti, S., Beleboni, R. O., Pereira, A. M. S., Marins, M., ... & Fachin, A. L. (2013). Isolation of flavonoids from *Anemopaegma arvense* (Vell) Stellf. ex de Souza and their antifungal activity against *Trichophyton rubrum*. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49, 559-565.
- Da Silva, M. O., de Souza, L. V., & Bastos, M. H. R. (2019). Bibliometria: análise quantitativa da produção científica sobre o teletrabalho e suas contribuições para o desenvolvimento regional brasileiro. *Revista Saber Digital*, 12(2), 1-16.
- Da Silva, E. A. da, Ferreira, D. A., & Santos, M. V. F. (2022). Análise bibliométrica da produção científica sobre o Cadastro Ambiental Rural. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 65, 1–26.
- Daolio, C., Beltrame, F. L., Ferreira, A. G., Cass, Q. B., Cortez, D. A. G., & Ferreira, M. M. (2008). Classification of commercial catuaba samples by NMR, HPLC and chemometrics. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 19(3), 218-228.
- De Andrade, D. V. G., de Oliveria, D. M., Barreto, G., Bertolino, L. A., Saraceno, E., Capani, F., & Giraldez, L. D. (2008). Effects of the extract of *Anemopaegma mirandum* (Catuaba) on Rotenone-induced apoptosis in human neuroblastomas SH-SY5Y cells. *Brain research*, 1198, 188-196.
- De Oliveira, K. E. D., Takase, I., & Gonçalves, É. C. B. D. A. (2009). Development of gluten-free cookie from medicinal plants (*Guaraná-Paullinea cupana* and *Catuaba-Anemopaegma mirandum*) aiming at copper, iron, and zinc supplementation. *Food Science and Technology*, 29, 631-635.
- De Paula Loiola, P., Cianciaruso, M. V., Silva, I. A., & Batalha, M. A. (2010). Functional diversity of herbaceous species under different fire frequencies in Brazilian savannas. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205(10), 674-681.
- Dos Santos, C. A. L., Hassan, W., Duarte, C. M., Lino, B. I. D., Noronha, A. H., da Silva, P. A. G., ... & Barros, L. M. (2025). A Bibliometric Analysis of Five Medicinal Plants for Wound Healing. *Pharmacological Research-Natural Products*, 100153.
- Elias, T. S., & Prance, G. T. (1978). Nectaries on the fruit of *Crescentia* and other Bignoniaceae. *Brittonia*, 30, 175-181.
- Fernandes, M. M., Lima, A. H. S., & Wanderley, L. L. (2022). Fragmentação florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Brasil. *Cerne*, 28(1), e103291.

- Ferraro, A., da Silva, G. S., de Aguiar, C. L., & Appezzato-da-Glória, B. (2021). Evaluating belowground bud banks of native species from Cerrado: structural, chemical, and ecological approaches. *Flora*, 281, 151852.
- Ferreira, M. V., Lebuino, L. P., & Santos, J. S. (2021). Plantas medicinais de uso tradicional na região sul paraense: um estudo etnobotânico. *Research, Society and Development*, 10(12), e592101220778-e592101220778.
- Firetti, F. (2024). *Anemopaegma* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB112500>. Accessed on: 20 jul. 2024.
- Firetti-Leggieri, F. (2009). *Biossistemática das espécies do complexo Anemopaegma arvense (Vell.) Steff. ex de Souza (Bignoniaceae, Bignoniaceae) = aspectos anatomicos, citologicos, moleculares, morfologicos e reprodutivos (Doctoral dissertation, [sn])*. <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/479503>.
- Firetti-Leggieri, F., da Costa, I. R., Lohmann, L. G., Semir, J., & Forni-Martins, E. R. (2011). Chromosome studies in Bignoniaceae (Bignoniaceae): the first record of polyploidy in *Anemopaegma*. *Cytologia*, 76(2), 185-191.
- Firetti-Leggieri, F., Lohmann, L. G., Semir, J., Demarco, D., & Castro, M. M. (2014). Using leaf anatomy to solve taxonomic problems within the *Anemopaegma arvense* species complex (Bignoniaceae, Bignoniaceae). *Nordic Journal of Botany*, 32(5), 620-631.
- Firetti, F., Zuntini, A. R., Gaiarsa, J. W., Oliveira, R. S., Lohmann, L. G., & Van Sluys, M. A. (2017). Complete chloroplast genome sequences contribute to plant species delimitation: a case study of the *Anemopaegma* species complex. *American Journal of Botany*, 104(10), 1493-1509.
- Glasl, S., Presser, A., Werner, I., Haslinger, E., & Jurenitsch, J. (2003). Tropane alkaloids from a Brazilian bark traded as "Catuaba". *Scientia Pharmaceutica*, 71(2), 113-119.
- Guarim Neto, G., & Morais, R. G. D. (2003). Recursos medicinais de espécies do Cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. *Acta Botanica Brasilica*, 17, 561-584.
- He, X., Liang, J., Zeng, G., Yuan, Y., & Li, X. (2019). The effects of interaction between climate change and land-use/cover change on biodiversity-related ecosystem services. *Global Challenges*, 3(9), 1800095.
- Ittiyavirah, S. P., & Hameed, J. (2014). Herbs treating Parkinson's disease. *Biomedicine & Aging Pathology*, 4(4), 369-376.
- Kadam, S. T., & Pawar, A. D. (2020). Conservation of medicinal plants: A review. *Int. Ayurvedic Med. J*, 8, 3890-3895.
- Klarin, A. (2024). How to conduct a bibliometric content analysis: Guidelines and contributions of content co-occurrence or co-word literature reviews. *International Journal of Consumer Studies*, 48(2), e13031.
- Kletter, C., Glasl, S., Presser, A., Werner, I., Reznicek, G., Narantuya, S., ... & Jurenitsch, J. (2004). Morphological, chemical and functional analysis of catuaba preparations. *Planta Medica*, 70(10), 993-1000.
- Kokou, Y., Akyo, M., Shoji, N., & Koho, K. T. (2000). Skin external use agent. *Japanese Patent*, 2(000143), 482.
- Lindholm, K. J., & Ekblom, A. (2019). A framework for exploring and managing biocultural heritage. *Anthropocene*, 25, 100195.
- Marques, L. L. M., Ferreira, E. D. F., de Paula, M. N., Klein, T., & de Mello, J. C. P. (2019). *Paullinia cupana*: a multipurpose plant—a review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29(1), 77-110.
- Mauro, C., Pereira, A. M. S., Silva, C. D. P., Missima, J., Ohnuki, T., & Rinaldi, R. B. (2007). Anatomical study of species from savanna-like formation, *Anemopaegma arvense* (Vell.) Steff. ex de Souza (catuaba), *Zeyheria montana*

- Mart.(bolsa-de-pastor) and Jacaranda decurrens Chamisso (caroba)-Bignoniaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 17, 262-265.
- Mello, J. R. B. D., Mello, F. B. D., & Langeloh, A. (2010). Toxicity study of a phytotherapeutic with *Anemopaegma mirandum*, *Cola nitida*, *Passiflora alata*, *Paullinia cupana*, *Ptychopetalum olacoides* and thiamin in rabbits. *Lat Am J Pharm*, 29(8), 1431-1435.
- Mendes, F. R. (2011). Tonic, fortifier and aphrodisiac: adaptogens in the Brazilian folk medicine. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 21, 754-763.
- Mendes, F. R., & Carlini, E. A. (2007). Brazilian plants as possible adaptogens: an ethnopharmacological survey of books edited in Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, 109(3), 493-500.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2022). Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022. *Diário Oficial da União*, 108, 74-162. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>.
- Mio, K., Inoue, A., Yokoyama, D., Atsushi, N., Ishimaru, H., & Midorikawa, T. (2003). Oral hair growth stimulants containing odd-numbered fatty acids, or alcohols, plant or algae extracts, and/or tocotrienol and foods containing them. CODEN: JKXXAF JP, 2003160486, A2.
- Moraes, L. L. D., & Kafure, I. (2020). Bibliometria e ciência de dados um exemplo de busca e análise de dados da Web of Science (WoS). *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 18, e020016. 10.20396/rdbci.v19i0.8658521.
- Nanisfi, M., Susilawati, S., & Gunawan, G. (2025). Trend of Traditional Medicine and Ethnobotany Research: A Bibliometrics Analysis. *Current Environmental Research*, 5(1), 12–28.
- Niazian, M. (2019). Application of genetics and biotechnology for improving medicinal plants. *Planta*, 249, 953-973.
- Nuraga, G. W., Feyissa, T., Tesfaye, K., Biswas, M. K., Schwarzacher, T., Borrell, J. S., ... & Heslop-Harrison, J. S. (2022). The genetic diversity of enset (*Ensete ventricosum*) landraces used in traditional medicine is similar to the diversity found in non-medicinal landraces. *Frontiers in Plant Science*, 12, 756182.
- Pasa, M. C., da Silva Oliveira, L., da Silva Lima, E. A., Klein, É., Neto, F. F., Penedo, H., & da Silva, S. S. A. (2022). Medicina tradicional e COVID-19 no Brasil. *Biodiversidade*, 21(1).
- Pereira, A. M., Amui, S. F., Bertoni, B. W., Moraes, R. M., & França, S. C. (2003). Micropropagation of *Anemopaegma arvense*: conservation of an endangered medicinal plant. *Planta medica*, 69(06), 571-573.
- Pereira, A. M., Salomao, A. N., Januario, A. H., Bertoni, B. W., Amui, S. F., França, S. C., ... & Moraes, R. M. (2007). Seed germination and triterpenoid content of *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld varieties. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 849-854.
- Pires, E. V., De Carvalho, C. M., Da Costa, J. G., Pires, G. D. A., & Da Silva, E. M. (2019). USO of factor planning to evaluate the level of germination of *L. sativa* and *L. esculentum* front of two medicinal plants in capital.
- Ramos, A. M. T. (2024). Proteção do patrimônio ambiental e cultural dos Campos de Cima da Serra: estratégias e diretrizes para uma agenda pública. [Tese de Doutorado em Direito, Universidade de Caxias do Sul]. Repositório Institucional da UCS. 175p.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ribeiro, R. V., Bieski, I. G. C., Balogun, S. O., & de Oliveira Martins, D. T. (2017). Ethnobotanical study of medicinal plants used by Ribeirinhos in the North Araguaia microregion, Mato Grosso, Brazil. *Journal of ethnopharmacology*, 205, 69-102.

Ribeiro, S. T. C., Gancedo, N. C., de Oliveira, A. J. B., & Gonçalves, R. A. C. (2024). A comprehensive review of *Pfaffia glomerata* botany, ethnopharmacology, phytochemistry, biological activities, and biotechnology. *Journal of Ethnopharmacology*, 118003.

Rieder, A., & Fernandes, R. S. (2011). Medicinal plant bioactivity—Catuaba (*Anemopaegma arvense* (Vell) Stefffeld JF & de Souza) on *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) Lepidoptera: Noctuidae) in the larval stage. *Planta Medica*, 77(12), PM210.

Sharma, I., & Birman, S. (2024). Biodiversity loss, ecosystem services, and their role in promoting sustainable health. In *The Climate-Health-Sustainability Nexus: Understanding the Interconnected Impact on Populations and the Environment* (pp. 163-188). Cham: Springer Nature Switzerland.

Shimizu, H. (2001). Antioxidant containing plant extracts for cosmetics and pharmaceuticals. JP-patent 20011139417. May, 22.

Soh, M. C., Mitchell, N. J., Ridley, A. R., Butler, C. W., Puan, C. L., & Peh, K. S. H. (2019). Impacts of habitat degradation on tropical montane biodiversity and ecosystem services: a systematic map for identifying future research priorities. *Frontiers in Forests and Global change*, 2, 83.

Souza, A. V., Oliveira, F. J. V., Bertoni, B. W., França, S. C., & Pereira, A. M. S. (2013). Michorrizical funghi studies in catuaba (*Anemopaegma arvense* (Vell.) Steff. ex de Souza), a medicinal plant from the Cerrado region at risk of extinction. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15, 646-654.

Souza, A. V. V., Oliveira, F. J. V., Bertoni, B. W., França, S. C., & Pereira, A. M. S. (2015). Enraizamento in vitro de catuaba (*Anemopaegma arvense* (Vell.) Steff. ex de Souza), uma planta medicinal do Cerrado. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17, 51-58.

Souza, U. J. B. de, Vitorino, L. C., & Bessa, L. A. (2020). Trends in the scientific literature on *Stryphnodendron adstringens* (Leguminosae): an important Brazilian medicinal tree. *Multi-Science Journal*, 3(1), 8–15. <https://doi.org/10.33837/msj.v3i1.1108>

Tabanca, N., Pawar, R. S., Ferreira, D., Marais, J. P., Khan, S. I., Joshi, V., ... & Khan, I. A. (2007). Flavan-3-ol-phenylpropanoid conjugates from *Anemopaegma arvense* and their antioxidant activities. *Planta medica*, 73(10), 1107-1111.

Teixeira, T. M., Boeff, D. D., de Oliveira Carvalho, L., Ritter, M. R., & Konrath, E. L. (2024). The traditional use of native Brazilian plants for male sexual dysfunction: Evidence from ethnomedicinal applications, animal models, and possible mechanisms of action. *Journal of Ethnopharmacology*, 318, 116876.

Uchino, T., Kawahara, N., Sekita, S., Satake, M., Saito, Y., Tokunaga, H., & Ando, M. (2004). Potent protecting effects of catuaba (*Anemopaegma mirandum*) extracts against hydroperoxide-induced cytotoxicity. *Toxicology in vitro*, 18(3), 255-263.

Vouga Chueke, G., & Amatucci, M. (2022). Métodos de sistematização de literatura em estudos científicos: bibliometria, meta-análise e revisão sistemática. *Internext: Revista Eletrônica de Negócios Internacionais da ESPM*, 17(2).

Wang, S. Q. (2020). Genetic diversity and population structure of the endangered species *Paeonia decomposita* endemic to China and implications for its conservation. *BMC Plant Biology*, 20, 1-14.

Yamashita, M., & Fujita, S. (2002). Cosmetics containing sunscreen agents and plant extracts. PR. Available at [www.j-Tokkyo.com/2002/A61K/JP2002-308750.Shtml].

Zielinski, A. A., & Haminiuk, C. W. (2019). Evaluation of the Phenolics and in vitro Antioxidant Activity of Different Botanical Herbals Used for Tea Infusions in Brazil. *Current Nutrition & Food Science*, 15(4), 345-352.

CAPÍTULO 2 - ARTIGO 2

RESPOSTAS POPULACIONAIS DE *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (BIGNONIACEAE) A ALTERAÇÕES AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS EM CAMPOS DE ALTITUDE NO SUDESTE DO BRASIL

Resumo: Os campos de altitude da Mata Atlântica abrigam alta diversidade e espécies endêmicas, mas sofrem crescente pressão de urbanização, fogo e invasão por gramíneas exóticas. *Anemopaegma arvense* é uma espécie herbácea ameaçada de extinção (EN - em perigo), típica desses ambientes, cuja dinâmica populacional em remanescentes urbanos ainda é pouco conhecida. Aqui, avaliamos como gradientes de altitude e a presença de capins exóticos modulam a estrutura e a dinâmica de populações de *A. arvense* em três campos de altitude inseridos na zona urbana de Poços de Caldas (MG). Monitoramos 18 parcelas permanentes de 5 m² (seis por campo) ao longo de 12 meses, registrando abundância, comprimento do caule, perda total de parte aérea, rebrotas e recrutamento por sementes, e ajustamos modelos lineares generalizados mistos para testar os efeitos de altitude, clima e invasão biológica. Nossos resultados indicam que a presença de capins exóticos reduz a abundância de *A. arvense*, mas está associada a caules mais longos, sugerindo respostas morfológicas à competição. A altitude, por sua vez, leva a populações menos abundantes, com menos indivíduos sem parte aérea e com menor número de rebrotas, revelando um gradiente de restrição ambiental que limita tanto a densidade quanto a capacidade de regeneração vegetativa. Em conjunto, esses resultados evidenciam que a combinação entre estresse altitudinal (e.g. baixas temperaturas, elevada amplitude térmica, intensa radiação solar e solos rasos e invasão por gramíneas exóticas) o que pode comprometer a resiliência das populações, indicando a urgência de ações de manejo que controlem invasoras e limitem novos desmatamentos em campos de altitude urbanos.

Palavras-chave: Demografia de plantas herbáceas; Invasão por gramíneas exóticas; Regeneração vegetativa; Ecossistemas campestres montanos, Espécies nativas ameaçadas.

Abstract: High-altitude grasslands within the Atlantic Forest harbor high biodiversity and endemic species, but are increasingly threatened by urbanization, fire, and invasion by exotic grasses. *Anemopaegma arvense* is a threatened herbaceous species (EN – Endangered), typical of these environments, whose population dynamics in urban remnants remain poorly understood. Here, we evaluated how altitudinal gradients and the presence of exotic grasses modulate the structure and dynamics of *A. arvense* populations in three high-altitude grasslands located within the urban area of Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil. We monitored 18 permanent plots of 5 m² (six per site) over a 12-month period, recording abundance, stem length, total loss of aboveground biomass, resprouting, and seed recruitment. Generalized linear mixed models were fitted to test the effects of altitude, climate, and biological invasion. Our results indicate that the presence of exotic grasses reduces the abundance of *A. arvense* but is associated with longer stems, suggesting morphological responses to competition. Altitude, in turn, was associated with less abundant populations, fewer individuals lacking aboveground biomass, and a reduced number of resprouts, revealing an environmental restriction gradient that limits both population density and vegetative regeneration capacity. Taken together, these results indicate that the combined effects of altitudinal stress (e.g., low temperatures, high thermal amplitude, intense solar radiation, and shallow soils) and invasion by exotic grasses may compromise population resilience, highlighting the urgency of management actions aimed at controlling invasive species and limiting further deforestation in urban high-altitude grasslands.

Keywords: Herbaceous plant demography; Exotic grass invasion; Vegetative resprouting; Montane grassland ecosystems; Threatened native species.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica e a estrutura populacional das plantas são determinadas pelas taxas vitais de sobrevivência, crescimento e reprodução, as quais respondem de forma integrada aos gradientes ambientais e às pressões antrópicas. Em ambientes campestres, esses processos são fortemente influenciados por fatores como variação altitudinal, regime de fogo, disponibilidade hídrica e luminosa, além da interação com herbívoros e patógenos. Nos campos de altitude, tais fatores tendem a atuar de forma mais intensa e combinada, impondo condições ambientais restritivas que moldam o desempenho demográfico das espécies e favorecem o desenvolvimento de especializações ecofisiológicas associadas à persistência em ambientes abertos e de alta altitude (Dahlgren; Ehrlén, 2009; Medina et al., 2016; Chae et al., 2021; Zironi et al., 2021).

No nível populacional, os efeitos dos fatores ambientais manifestam-se em padrões de distribuição espacial, abundância e na expressão de atributos funcionais associados à adaptação das espécies. Em ambientes campestres, especialmente nos campos de altitude, esses padrões são fortemente moldados por filtros ambientais como elevada amplitude térmica, restrições edáficas, exposição ao vento e recorrência de distúrbios, como fogo e pastejo. A diversidade funcional nesses ambientes resulta da seleção de traços relacionados ao tempo de vida, hábito de crescimento e estratégias reprodutivas, os quais influenciam diretamente componentes demográficos como sobrevivência, fecundidade e taxas de crescimento (Dahlgren; Ehrlén, 2009). Em regiões sujeitas a variações ambientais intensas, como os campos de altitude, populações podem apresentar flutuações acentuadas ou mesmo extinções locais (Belo et al., 2013). Nesse contexto, traços associados à germinação, à capacidade de rebrota e à reprodução vegetativa tornam-se centrais para a persistência populacional e a resiliência frente a distúrbios recorrentes (Silveira et al., 2016; Zironi et al., 2021). Em plantas perenes, esses componentes vitais tendem a apresentar respostas densidade-dependentes, influenciando a dinâmica populacional ao longo do tempo (Dahlgren; Bengtsson; Ehrlén, 2016).

Ambientes florestais e campestres apresentam diferenças estruturais e funcionais marcantes, que moldam tanto as pressões ambientais quanto as respostas ecológicas das espécies que os habitam (Duarte et al., 2025). Nos sistemas campestres, o fogo atua como um distúrbio chave, podendo reduzir a competição ao eliminar biomassa dominante, mas também causar mortalidade direta. As respostas das populações variam entre espécies e dependem de diferentes estratégias funcionais, incluindo tanto a capacidade de rebrotamento, associada à presença de gemas subterrâneas e xilopódios, quanto estratégias baseadas em recrutamento por sementes (Pausas et al., 2018).

No sudeste do Brasil, os Campos de Altitude constituem formações campestres frias e úmidas em topos de montanhas, inseridas no domínio da Mata Atlântica, caracterizadas por vegetação herbáceo-arbustiva e elevado endemismo (Safford, 2007; Neri *et al.*, 2017). Essas paisagens funcionam

como “ilhas” de clima temperado em meio à matriz florestal, sujeitas a pressões antrópicas crescentes, como urbanização, incêndios recorrentes, trilhas de motocross e invasão biológica (Andrade *et al.*, 2016; Pinheiro *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2022). Com até 33,6% de endemismo, alta inflamabilidade da vegetação e, esses ecossistemas apresentam elevada vulnerabilidade (Martinelli, 2007).

Apesar de sua relevância para a conservação da biodiversidade e a provisão de serviços ecossistêmicos, como regulação hídrica e sequestro de carbono, os Campos de Altitude permanecem pouco investigados em termos de ecologia funcional e dinâmica populacional (Caiafa; Silva, 2005; Mochinski; Scheer, 2008; Iganci *et al.*, 2011; Pinheiro *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2021). Nesse contexto, estudos em montanhas tropicais brasileiras também apontam a carência de abordagens eco-hidrológicas integradas, uma vez que a dinâmica da água influencia diretamente processos populacionais, como germinação, sobrevivência e rebrota em ambientes campestres de altitude (Vilanova, 2025). Essa lacuna é particularmente crítica em ecossistemas sensíveis às mudanças climáticas e às pressões antrópicas. Além disso, estudos recentes revelaram que apenas 4,98% dos Campos de Altitude presentes no perímetro urbano de Poços de Caldas são efetivamente protegidos pelo macrozoneamento municipal, evidenciando permissividade normativa e fragilidade na preservação desse ecossistema (Silva; Botzelli, 2024).

Dentre as espécies associadas a esses ecossistemas, destaca-se *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (Bignoniaceae), popularmente conhecida como “catuaba”, categorizada como Em Perigo (EN) na Lista Vermelha da Flora Ameaçada do Brasil (MMA, 2022). A espécie ocorre nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, distribuindo-se por Goiás, Mato Grosso, São Paulo e Minas Gerais (Mendes; Marques, 2018; Firetti, 2025). Seus atributos ecofisiológicos, como apomixia, poliembrionia e presença de gemas subterrâneas, conferem capacidade de colonização em ambientes abertos e resiliência a distúrbios como o fogo (Firetti-Leggieri, 2014; Firetti, 2018; Ferraro *et al.*, 2021). Tais características favorecem a regeneração pós-distúrbio, mas também podem gerar padrões populacionais complexos diante de gradientes de perturbação (Pausas *et al.*, 2018). A relevância da espécie reside na importância de suas flores, que atraem uma diversidade de polinizadores melitófitos, especialmente abelhas nativas, desempenhando papel importante na manutenção da biodiversidade e na regeneração natural (Pereira *et al.*, 2003; Rieder *et al.*, 2011). Do ponto de vista social, a catuaba é utilizada em práticas medicinais e tradicionais, o que aumenta a pressão extrativista e reforça a necessidade de estratégias de conservação (Mendes *et al.*, 2011).

Diante desse contexto, este estudo busca preencher lacunas sobre a estrutura e dinâmica populacional de *A. arvense* em remanescentes urbanos de Campos de Altitude no município de Poços de Caldas/MG. Especificamente, avaliamos como fatores ambientais (altitude e sazonalidade - chuva e temperatura) e antrópicos (fogo, pastejo, motocross, capins exóticos e deposição de resíduos sólidos) influenciam parâmetros demográficos como: abundância, mortalidade, natalidade, perda total de parte

aérea e rebrotas. Hipotetizamos que (i) há maior abundância em altitudes mais elevadas e em períodos com maior disponibilidade de hídrica e maiores temperaturas; (ii) há relação inversa entre intensidade de pressão por distúrbios antrópicos e abundância; e (iii) que ocorrem sinais de compensação reprodutiva e crescimento vegetativo em áreas sob distúrbios recentes.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da espécie

Anemopaegma arvense apresenta adaptações morfoanatômicas típicas de ambientes abertos e sujeitos a estresse hídrico, como o espessamento das paredes epidérmicas, redução do limbo foliar (Mauro *et al.*, 2007), estômatos restritos à face abaxial, tricomas glandulares nos folíolos e deiscência dos frutos estimulada na estação seca, favorecendo a dispersão anemocórica das sementes (Firetti-Leggieri *et al.*, 2014). A espécie possui estruturas subterrâneas lenhosas profundas, com gemas axilares ao longo de aproximadamente um metro, conferindo elevada capacidade de rebrotamento após distúrbios como o fogo (Ferraro *et al.*, 2021).

A reprodução ocorre de forma sexuada, por sementes ortodoxas (armazenáveis por até um ano em baixas temperaturas), e assexuada, por propagação vegetativa via segmentos nodais (Souza *et al.*, 2013). Há registro de autofecundação, poliploidia, poliembrionia e apomixia esporofítica (Sampaio, 2010; Firetti-Leggieri *et al.*, 2014), características que favorecem a colonização em ambientes instáveis. A espécie também estabelece associações micorrízicas em suas raízes, favorecendo a absorção de nutrientes e água (Mendes; Marques, 2018).

Além de seu valor ecológico, *Anemopaegma arvense* possui ampla importância etnobotânica, com registros de uso medicinal desde 1926 na primeira edição da *Brazilian Pharmacopoeia*. A espécie é tradicionalmente utilizada em diferentes preparações medicinais, especialmente a partir de seus xilopódios, estruturas subterrâneas que concentram compostos bioativos e cuja extração implica a remoção total do indivíduo (Elias; Prance, 1978; Mauro *et al.*, 2007; Mendes; Marques, 2018).

Nesse contexto, a forte inserção cultural da espécie é evidenciada por ditados populares amplamente difundidos em Minas Gerais, reforçando a necessidade de integrar o conhecimento tradicional a estratégias de manejo e conservação baseadas em evidências ecológicas (Elias; Prance, 1978; Mendes; Marques, 2018).

2.2 Área de estudo

Conduzimos o estudo em três remanescentes de Campos de Altitude no perímetro urbano de Poços de Caldas/MG: Campo A (21°47'32.65"S 46°34'46.21"O), Campo B (21°48'11.01"S 46°33'23.36"O) e Campo C (21°47'56.16"S 46°31'15.13"O) (Figura 1). A região, inserida no domínio da Mata Atlântica, caracteriza-se por mosaicos de vegetação campestre, intercalados com florestas

ombrófilas e estacionais montanas (Fonseca *et al.*, 2022). O município está inserido em um planalto elíptico de 750 km², no sudoeste do estado de Minas Gerais, têm altitude média de 1300 m e campos suavemente ondulados, rodeados de montanhas que podem chegar a 1800 m (Da Silva *et al.*, 2019). O clima é mesotérmico do tipo Cwb, de acordo com a classificação de Köppen. Duas estações são bem definidas: a estação chuvosa que tem início em setembro e vai até março e o inverno seco, que começa em abril e se estende até agosto. A média de temperatura anual é de 17.7°C com o índice de precipitação anual de 1,706.00 mm, onde a pluviosidade e temperatura médias no inverno estão em 315 mm e 15°C, respectivamente. Já no verão a temperatura média é de 21°C com total pluviométrico de 1430 mm (Moraes *et al.*, 2017).

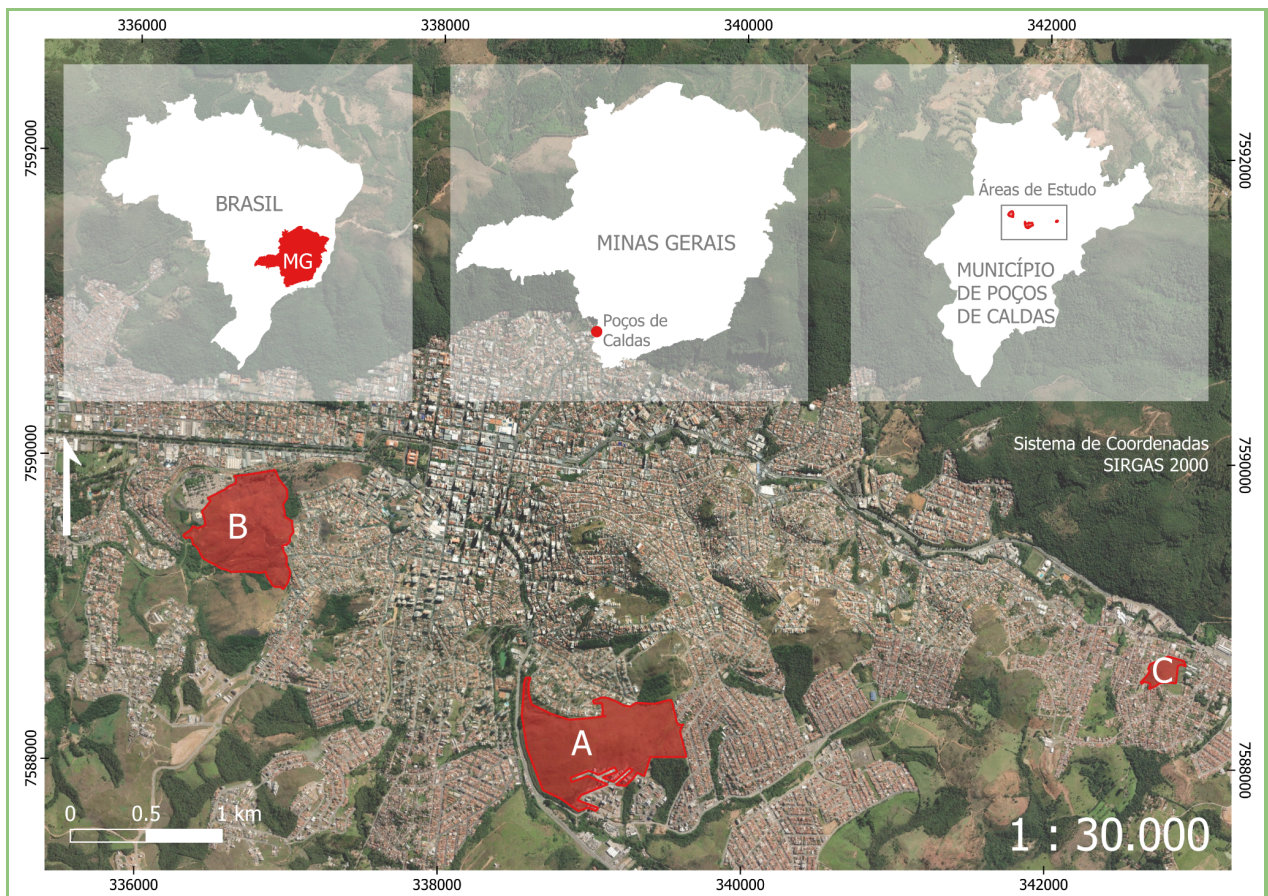


Figura 1. Localização geográfica dos Campos de Altitude A, B e C no município de Poços de Caldas. Fonte: Autores, 2025.

Cada campo apresenta extensão, composição florística e histórico de perturbações distintas, documentados pela Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas (FJBPC) e pelo repositório do Herbário Anders Fredrik Regnell (AFR). O campo A está localizado na região central do município e possui 43 hectares. Apresenta uma diversidade vegetal representada por 295 registros composta por 43 famílias, 117

gêneros e 127 espécies (JBRJ, 2025). Dentre os registros destacam-se as espécies ameaçadas: *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (Em perigo - EN), *Cyrtopodium lamellaticallosum* J.A.N.Bat. & Bianch. (Criticamente ameaçada - CR), *Zephyranthes irwiniana* (Ravenna) Nic.García, (Vulnerável - VU) (MMA, 2022). Este campo apresenta um relevo acidentado com a presença de topos de morro e depressões em sua extensão alta presença de afloramentos rochosos, por este motivo sua composição vegetacional pode ser classificada como campo gramíneo (Williams *et al.*, 2024). Em função de seu relevo acidentado, a área apresenta menor intensidade de ações antrópicas quando comparada aos demais campos do estudo, o que sugere uma associação entre a dificuldade de acesso e a menor ocorrência de interferências humanas. De acordo com observações realizadas por pesquisadores da Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas (FJBPC), as principais interferências registradas incluem o pastejo por cavalos, trilhas de motocross, fogo antrópico e a expansão urbana, com avanço do capim exótico braquiária (*Urochloa* P. Beauv.), principalmente nas áreas de borda voltadas para as faces sul e leste (observações FJBPC).

O campo B, localizado na zona oeste de Poços de Caldas, tem extensão de 30 hectares e está localizado em uma região prioritária para a recarga do córrego Pitangueiras, que abastece parte do município. Sua formação vegetacional divide-se em duas principais: o campo arbustivo e o campo arborizado (Williams *et al.*, 2024), especialmente na face norte com forte presença da espécie *Plenckia populnea* Reissek. Este campo está em sua totalidade circundado por bairros e devido ao seu fácil acesso apresenta avançado estágio de antropização em algumas regiões, sendo as principais: a prática do motocross, urbanização, fogo antrópico e invasão das gramíneas invasoras (capim gordura - *Melinis minutiflora* P.Beauv. e braquiária - *Urochloa* spp.). Apresenta uma diversidade vegetal representada por 254 registros composta por 39 famílias, 99 gêneros e 101 espécies (JBRJ, 2025). Dentre os registros destaca-se a espécie ameaçada: *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (Em perigo - EN).

O campo C apresenta a menor extensão dentre os outros presentes no estudo, com 3 hectares. Está localizado na zona leste do município e tem as características de campo gramíneo nas áreas de maior altitude com a presença de afloramentos rochosos, e campo arbustivo nas áreas de menor altitude (Williams *et al.*, 2024). Devido a sua localização ao lado do batalhão da polícia militar de Minas Gerais, durante os monitoramentos da FJBPC os pesquisadores notaram menor intervenção antrópica, as áreas mais afetadas são as bordas do campo com a presença de um pomar e os capins invasores. Está representado por uma diversidade vegetal de 194 registros distribuídos em 33 famílias, 87 gêneros e 91 espécies, dentre as quais destaca-se a presença *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza (Em perigo - EN).

2.3 Delineamento amostral

Realizamos o monitoramento populacional de *A. arvense* de agosto de 2024 a agosto de 2025. Em cada campo, alocaram-se seis parcelas permanentes de 5 m² (2,5m x 2m), totalizando 18 parcelas distribuídas de forma a contemplar a ocorrência prévia da espécie (dados da FJBPC, 2007-2025), em uma área total de 76 ha. As parcelas fixas instaladas tiveram distância entre si superior a 30 metros, sendo a maior distância estabelecida de 500 metros, e a variação altitudinal registrada entre elas foi de 5m a 73m. Todos os indivíduos presentes nas parcelas foram marcados com etiquetas metálicas numeradas e monitorados mensalmente (Figura 2). Coletamos, em cada campo, um exemplar da espécie que estava em período reprodutivo sexuado (apresentando flor e/ou fruto), e todo material foi herborizado e tombado no herbário Anders Fredrik Regnell (AFR). Durante o primeiro censo, realizamos o reconhecimento das áreas de campo e a busca ativa pela espécie em cada uma das coordenadas previamente registradas pela FJBPC.



Figura 2. (A) Parcela 1 do campo A; (B) Indivíduo de catuaba, identificado; (C) *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex de Souza com botões florais; (D) Parcela 1 do campo C, os pontos em vermelho são os indivíduos de catuaba encontrados nessa parcela. Fonte: Autores, 2025.

2.4 Parâmetros populacionais

A cada amostragem, registrou-se o número de indivíduos, número de indivíduos mortos, indivíduos com perda total da parte aérea, rebrotas, recrutamento por sementes e o comprimento do maior caule (em cm) (Belo et al., 2013; Medina et al., 2016; Chae et al., 2021). Inicialmente, foram considerados mortos os indivíduos que apresentaram perda total da parte aérea (Silva et al., 2016). Entretanto, considerando a elevada capacidade de rebrota (Firetti-Leggieri *et al.*, 2014; Pausas *et al.*, 2018) de *Anemopaegma arvense*, esses indivíduos foram reavaliados nas amostragens subsequentes e classificados como vivos quando apresentaram rebrotas originadas da mesma base caulinar ou estrutura subterrânea previamente registrada. A identificação do mesmo indivíduo ao longo do tempo foi garantida pelo monitoramento sequencial das parcelas permanentes, pela posição espacial fixa dos indivíduos dentro das parcelas e pela observação direta da emergência de rebrotas a partir do ponto de inserção no solo, o que permitiu distinguir rebrota vegetativa de recrutamento por sementes.

Adicionalmente, registrou-se a presença de galhas e de herbivoria, embora não sejam um parâmetro populacional, a ocorrência de galhas e de herbivoria foi monitorada por seu potencial efeito negativo sobre a vitalidade dos indivíduos e a dinâmica da população (Observações da FJBPC).

2.5 Variáveis ambientais e antrópicas

Foram consideradas três variáveis ambientais: altitude, sazonalidade (temperatura média e precipitação médias das datas de cada uma das coletas mensais). Esses dados foram obtidos a partir da base da estação pluviométrica de Caldas/MG (disponível em <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A530>), e dados internos do Departamento Municipal de Água e Esgoto de Poços de Caldas (DMAE). Quanto aos fatores antrópicos, avaliamos por inspeção direta: capins exóticos (capim gordura e braquiária), fogo, lixo, pastejo (pisoteio e herbivoria) e motocross. Registramos cada fator antrópico, como presença/ausência em cada parcela, permitindo a análise de frequência e associação (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis ambientais e de antropização consideradas neste estudo, com seus respectivos tipos de dados, unidades de medida e descrição.

| Categoria | Variável | Tipo de dado | Unidade | Descrição |
|------------------|----------------------|---------------------|-------------------|--|
| Ambiental | Altitude | contínuo | metros (m) | Altura em relação ao nível do mar, medida em cada parcela amostral |
| | Sazonalidade (clima) | contínuo | °C/mm | Temperatura e precipitação médias diárias (INMET e DMAE) |
| Antrópica | Ocorrência de fogo | binária | presença/ausência | Evidência de queimada antrópica recente |
| | Gramíneas exóticas | binária | presença/ausência | Ocorrência de espécies invasoras |

| | | | |
|-----------|---------|-------------------|---|
| Lixo | binária | presença/ausência | Ocorrência de resíduo sólido (plástico, vidro, metal) |
| Motocross | binária | presença/ausência | Evidência de vegetação aberta por marcas de motos |
| Pastejo | binária | presença/ausência | Evidência de pisoteio e herbivoria das parcelas por cavalos |

Fonte: Autores, 2025.

2.5 Análises estatísticas

Realizamos todas as análises estatísticas no *software RStudio* (R Core Team, 2024). Para avaliar os efeitos dos fatores ambientais e antrópicos sobre as variáveis demográficas, utilizamos Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM) por meio do pacote *glmmTMB*. As variáveis resposta foram modeladas de acordo com a natureza dos dados: variáveis de contagem, como abundância, número de rebrotas, ocorrência de herbivoria, galhas e perda total da parte aérea, foram ajustadas a distribuições Poisson ou binomial negativa, conforme a presença de sobredispersão; enquanto variáveis contínuas, como o comprimento do caule, foram modeladas sob distribuição Gaussiana.

Como variáveis explicativas ambientais, consideramos a presença de capins exóticos, altitude (m), precipitação média (mm) e temperatura média (°C). As variáveis antrópicas registradas incluíram presença de fogo, trilhas de motocross, resíduos sólidos e pastejo; entretanto, devido à baixa frequência de ocorrência, essas não foram incluídas nos modelos estatísticos. Nos modelos, foram consideradas como efeitos aleatórios a identidade do campo, da parcela e da campanha de coleta, com a parcela aninhada à coleta, de modo a controlar a não independência espacial e temporal dos dados.

Optamos por não incluir nas análises estatísticas as variáveis resposta número de indivíduos mortos, número de nascimentos por semente e incidência de galhas, visto que houve uma pequena ocorrência destas variáveis durante toda a amostragem. Diante da presença de inflação de zeros em algumas variáveis de resposta, ajustamos os modelos utilizando a função “*ziformula*”, de forma a melhorar o desempenho e adequação dos modelos. Ajustamos os modelos às distribuições de probabilidade adequadas para cada variável explicativa testada e, simplificados sempre que possível, garantindo maior robustez nos resultados.

3. RESULTADOS

Monitoramos populações de *Anemopaegma arvense* entre agosto de 2024 e agosto de 2025 em três campos (A, B, C), com 18 parcelas permanentes de 5 m² (seis por campo), amostradas mensalmente. Para cada parcela, registramos: número de indivíduos, número de indivíduos mortos, número de

indivíduos sem parte aérea visível, rebrotas, nascimentos de novos indivíduos por semente, e o comprimento do maior caule (cm). As variáveis explicativas ambientais que consideramos foram: altitude, precipitação média e temperatura média. Já as antrópicas abrangeram: presença de capins exóticos, fogo, lixo, pastejo e motocross. Durante o ajuste dos modelos, identificamos que as únicas variáveis explicativas significativas, foram: altitude e presença de capins exóticos, para todas as comparações. Assim, aquelas que não apresentaram correlação estatística significativa foram tratadas na discussão, como dados qualitativos. Como resultado dos Modelos Lineares Generalizados Mistos, observamos que o número de indivíduos (abundância) de *Anemopaegma arvense* foi menor na presença de capins exóticos ($\beta = -0,333 \pm 0,072$; $z = -4,626$; $P < 0,001$), já o comprimento do caule em função da presença de capins exóticos, apresentou uma relação positiva, ou seja indivíduos em parcelas invadidas apresentaram maiores caules, do que aqueles em parcelas sem a presença dos capins exóticos ($\beta = +0,137 \pm 0,041$; $z = 3,326$; $P < 0,01$)(Figura 3: A-B, respectivamente).

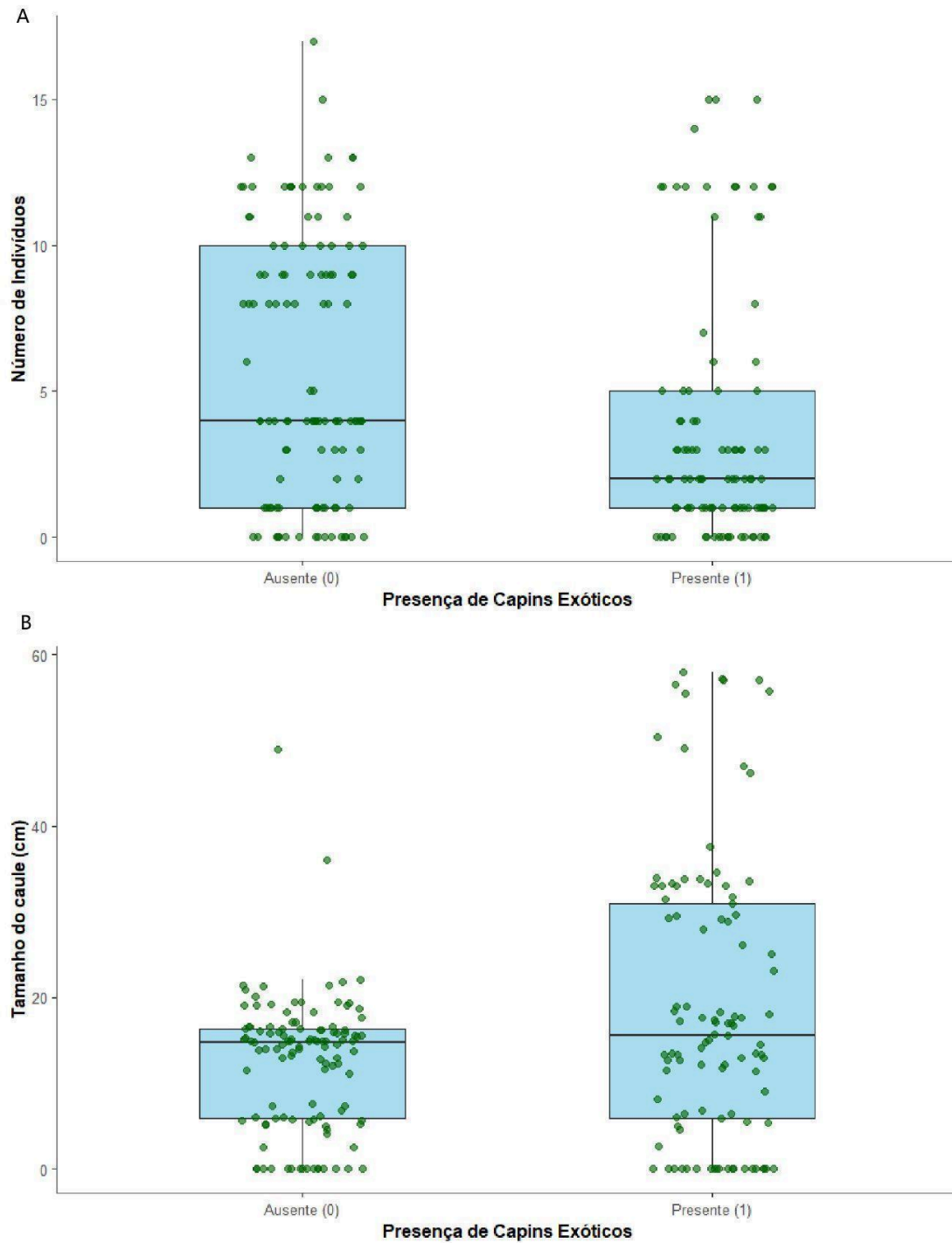


Figura 3. Efeito da presença de capins exóticos sobre a *Anemopaegma arvense*: (A) Efeito da presença de capins exóticos sobre o número de indivíduos (valores do teste); e (B) Efeito da presença de capins exóticos sobre o comprimento do caule em centímetros (valores dos testes). Fonte: Autores, 2025.

Para o comprimento do caule, observamos aumentos positivos tanto da altitude quanto da presença de capins exóticos, indicando caules mais longos em cotas mais elevadas e nas parcelas invadidas ($\beta = +0,351 \pm 0,022$; $z = 16,084$; $P < 0,001$) (Figura 4: A-B, respectivamente).

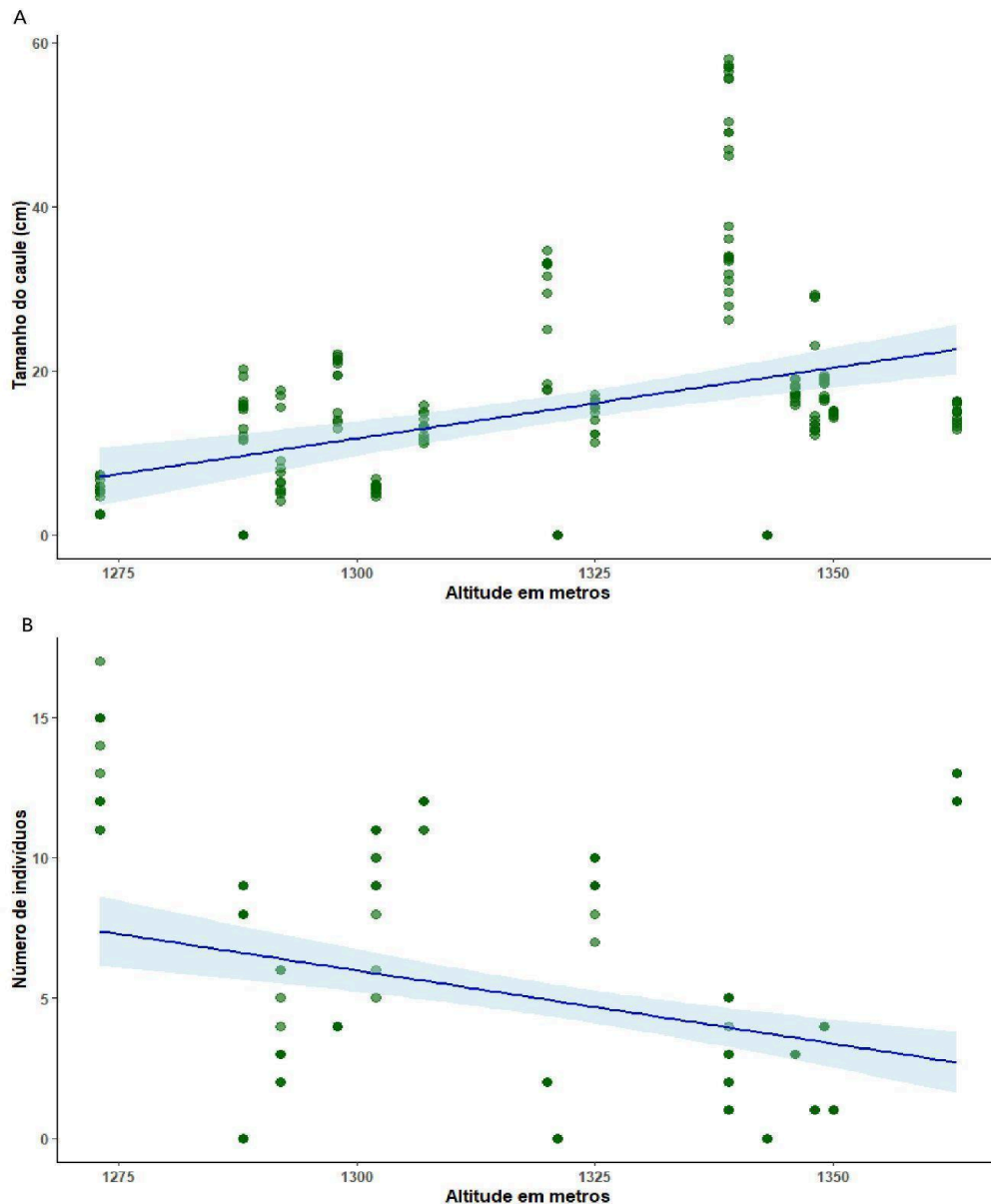


Figura 4. Efeito da altitude sobre parâmetros populacionais de *Anemopaegma arvense*: (A) Comprimento do caule em centímetros em função da altitude (valores do teste); e (B) Número de indivíduos por parcela em função da altitude (valores do teste). Fonte: Autores, 2025.

Nos resultados para perda total de parte aérea, verificamos que o número de indivíduos sem biomassa aérea diminuiu com a altitude ($\beta = -2,309 \pm 0,293$; $z = -7,883$; $P < 0,001$) De modo análogo, o

número de rebrotas apresentou relação negativa com a altitude ($\beta = -1,621 \pm 0,451$; $z = -3,598$; $P < 0,001$) (Figura 5: A-B, respectivamente).

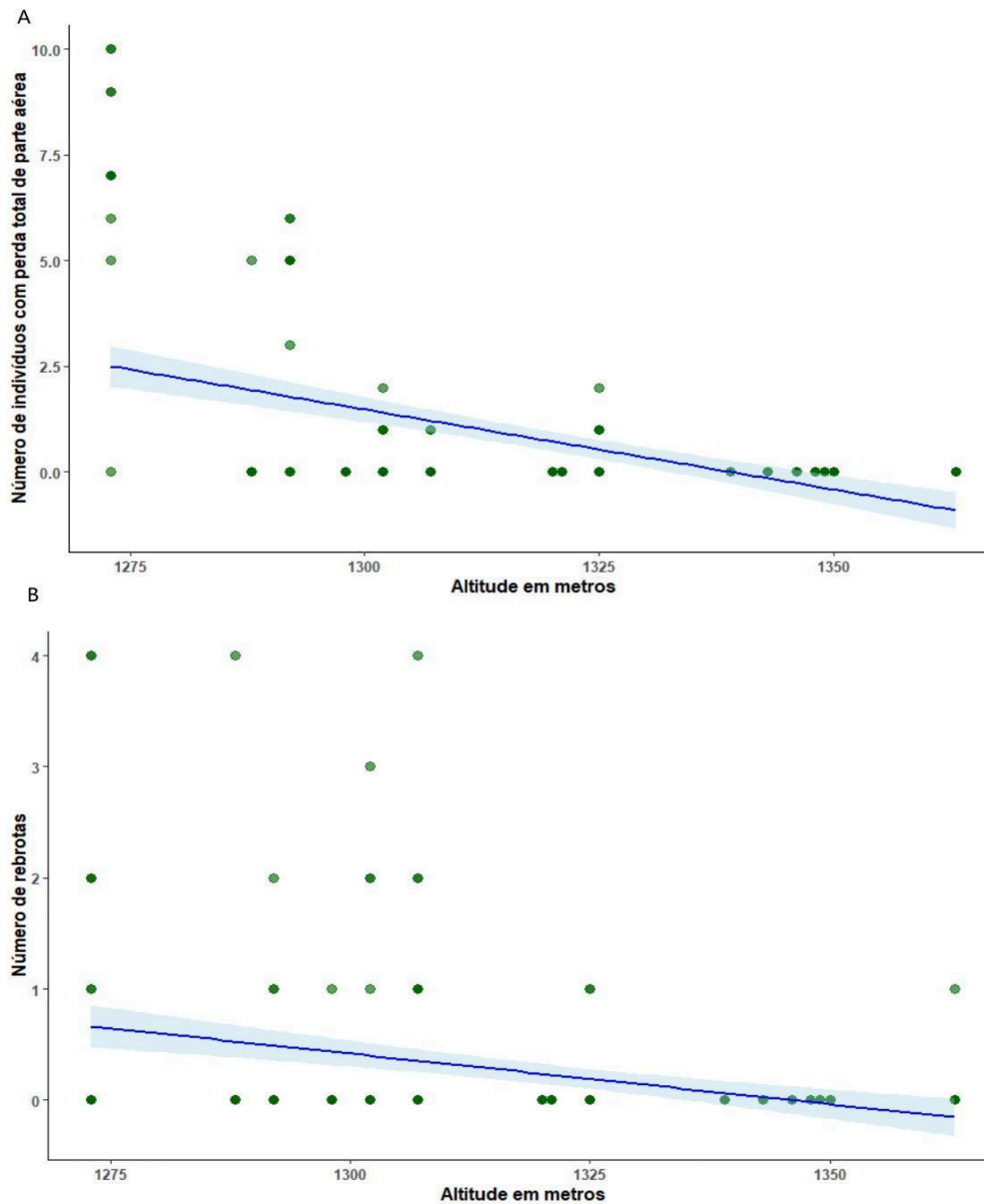


Figura 5. Efeito da altitude sobre parâmetros populacionais de *Anemopaegma arvense*: (A) Número de indivíduos com perda total de parte aérea em função da altitude (valores do teste); e (B) Número de rebrotas por parcela em função da altitude (valores do teste). Fonte: Autores, 2025.

3.1 Registros qualitativos de distúrbios e condições ambientais

Aquelas variáveis e parâmetros que não apresentaram diferenças estatísticas compõem os dados qualitativos de distúrbios e condições ambientais deste estudo sendo elas: episódios de galha, herbivoria,

fogo, pastejo, motocross, precipitação e temperaturas médias. Registramos um único episódio de galha, observado no Campo C e restrito a um indivíduo, e quantificamos 37 registros de herbivoria, sendo 19 no campo A, sete no campo B e 18 no campo C. Quanto ao histórico recente de fogo, observamos que os Campos A e B queimaram integralmente cerca de 40 dias antes do início dos monitoramentos de 2024, enquanto o Campo C, sem registros desde 1989 (MapBiomias, 2024), apresentou apenas um foco localizado que atingiu as três primeiras parcelas. Registramos ocorrência de lixo exclusivamente no Campo B, com garrafas de vidro, latas, embalagens plásticas, sacolas e fios de cobre.

O pastejo também se restringiu ao Campo B (parcela 1), onde observamos plantas predadas, pisoteadas e, em muitos casos, arrancadas. Não registramos trilhas de motocross dentro das parcelas amostradas; ainda assim, os Campos A e B apresentaram registro e ampliação de trilhas no entorno, ao passo que o Campo C não apresentou esse tipo de distúrbio. O recrutamento por sementes foi raro, contabilizamos apenas 12 nascimentos dentro das parcelas em todos os campos ao longo do período. Nas datas de monitoramento com ocorrência de chuva, registramos médias diárias de precipitação de 2,6 mm, 1,4 mm e 4,0 mm, e as temperaturas oscilaram entre uma mínima de 15,6 °C e uma máxima de 22,1 °C. Por fim, embora fora do escopo analítico, registramos que, nos dois últimos meses de monitoramento, o Campo C começou a ser suprimido em função de um novo loteamento aprovado; as parcelas do estudo foram substituídas por uma estrada de terra, prevista como via de acesso do condomínio de chácaras privado.

4. DISCUSSÃO

Para orientar a discussão, este estudo teve por objetivo suprir lacunas sobre a estrutura e a dinâmica populacional de *Anemopaegma arvense* em remanescentes urbanos de Campos de Altitude no município de Poços de Caldas/MG. Avaliamos de forma integrada a influência de fatores ambientais (altitude, chuva e temperatura), fatores antrópicos (fogo, pastejo, motocross, presença de capins exóticos e deposição de resíduos sólidos), e parâmetros demográficos (número de indivíduos, número de indivíduos mortos, nascimentos de novas plântulas por semente, perda total de parte aérea, rebrotas, herbivoria e ocorrência de galhas). Partimos das seguintes hipóteses: (i) há maior abundância em altitudes mais elevadas e em períodos com maior disponibilidade de hídrica e maiores temperaturas; (ii) há relação inversa entre intensidade de pressão por distúrbios antrópicos e abundância; e (iii) que ocorrem sinais de compensação reprodutiva e crescimento vegetativo em áreas sob distúrbios recentes.

Devido à forte sazonalidade desses ecossistemas, a seleção das variáveis ambientais considerou médias anuais de temperatura e precipitação para as duas estações predominantes na área de estudo, em consonância com abordagens anteriores em ecossistemas campestres (Dahlgren; Ehrlén, 2009; Assis *et al.*, 2016). Essa escolha reflete a relevância ecológica dessas pressões sazonais, especialmente sobre processos

de recrutamento, floração e senescência (Neri *et al.*, 2017). O método populacional adotado - contagem total de indivíduos por parcela, adaptado de Reish *et al.* (2018), mostrou-se particularmente eficaz em habitats heterogêneos, permitindo capturar variações de densidade e estrutura associadas às diferenças de altitude e à presença de afloramentos rochosos. Essa abordagem também minimiza vieses relacionados à detecção, aspecto especialmente relevante para espécies de difícil observação, como *A. arvense*, cujas folhas são inconspícuas e a floração é restrita a poucos meses do ano (Mendes *et al.*, 2018; Firetti, 2025).

4.1 ALTITUDE COMO FILTRO ECOLÓGICO E SEUS EFEITOS ANTAGÔNICOS SOBRE ABUNDÂNCIA E CRESCIMENTO

Os resultados indicam que a hipótese de maior abundância de *A. arvense* em altitudes elevadas não se confirmou, uma vez que as populações apresentaram menor densidade nas cotas elevadas. Também não foram detectados efeitos significativos de temperatura e precipitação sobre os parâmetros populacionais no período estudado. Esses padrões sintetizam a refutação parcial da hipótese inicial e orientam a discussão dos mecanismos ecológicos associados.

Assim, ainda que a chuva e a temperatura não tenham apresentado efeitos significativos nos modelos aplicados ao período deste estudo, isso não reduz a importância do clima. Ao contrário, reforça a noção de que, em Campos de Altitude, o desempenho populacional é governado predominantemente por fatores locais, enquanto os sinais climáticos se manifestam em escalas temporais mais longas, modulados por condições edáficas e microambientais.

A literatura sobre a influência da variação ambiental na dinâmica das populações campestres, descreve que taxas vitais, como abundância e sobrevivência, podem responder de forma divergente aos componentes ambientais de um mesmo gradiente. Populações em altitudes mais baixas apresentaram maior densidade, possivelmente associada à maior disponibilidade de microhabitats colonizáveis e à ocorrência de distúrbios que favorecem o recrutamento inicial. Em contrapartida, altitudes mais elevadas, embora tenham se mostrado favoráveis ao crescimento individual (caules mais longos), parecem limitar a densidade populacional, o que pode refletir condições ambientais mais restritivas ou menor disponibilidade de nichos (Silveira *et al.*, 2016).

Aplicando essa perspectiva no caso de *A. arvense*, a sensibilidade altitudinal detectada, com abundância e rebrotas menores em áreas elevadas, reflete filtros abióticos (temperatura, vento, profundidade do solo). Altitudes menores, tendem a apresentar condições microclimáticas mais quentes e secas, acentuando o estresse hídrico e favorecendo a mortalidade da parte aérea, especialmente em indivíduos jovens. Já as altitudes mais elevadas oferecem condições mais estáveis e propícias à manutenção da biomassa aérea, reduzindo a frequência de perda total de caules e folhas. Esse conjunto reforça a altitude como filtro ecológico determinante da estrutura populacional e dialoga com o conceito

de que áreas montanas com linhagens recentes e vulneráveis, pequenas alterações nos regimes de fogo e presença de espécies invasoras podem amplificar respostas demográficas (Pizzardo *et al.*, 2024).

A presença de indivíduos com caules mais longos em áreas mais elevadas pode indicar maior resiliência ecológica da espécie nesses microambientes. Além disso, variações ambientais modulam diretamente taxas vitais como crescimento e sobrevivência, e as altitudes mais elevadas tendem a estar menos sujeitas à pressão antrópica direta, permitindo maior investimento da planta em biomassa aérea (Dahlgren; Ehrlén, 2009; Zironi *et al.*, 2021). Neste contexto, a invasão por gramíneas exóticas intensifica os filtros ambientais impostos pela altitude, adicionando um componente competitivo decisivo para a vulnerabilidade populacional de *A. arvense*.

4.2 CAPINS EXÓTICOS, COMPETIÇÃO E VULNERABILIDADE POPULACIONAL DE *Anemopaegma Arvense*

A hipótese de que a pressão de distúrbios antrópicos, aqui representada pela invasão por gramíneas exóticas, reduz o desempenho populacional de *A. arvense* foi corroborada com os resultados obtidos. As gramíneas invasoras promovem homogeneização estrutural e reduzem a diversidade nativa (Neri *et al.*, 2017). No caso de *A. arvense*, a redução do número de indivíduos em áreas invadidas por *Melinis minutiflora* P. Beauv. e *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster (capim gordura e braquiária, respectivamente) sugerem que o avanço dos capins representa um fator crítico de vulnerabilidade populacional. Apesar da sua capacidade de rebrota e regeneração, a espécie encontra limitações para manter densidades elevadas em condições de forte pressão competitiva.

A presença de capins exóticos associou-se à redução da abundância e ao aumento do comprimento do caule, um sinal de plasticidade morfofuncional frente à competição e às mudanças microambientais no dossel herbáceo. Essa interação altera a dinâmica de crescimento vegetativo de *A. arvense*, promovendo maior incremento nos indivíduos que conseguem competir de forma mais eficiente. Esse padrão reflete os efeitos contrastantes da competição interespecífica: parte da população experimenta redução de crescimento devido à competição por luz, nutrientes e água, enquanto, outros indivíduos respondem com estratégias compensatórias de estiolamento do caule, buscando alcançar a luz acima da biomassa dos capins (Neri *et al.*, 2017; Silveira *et al.*, 2016). Essa plasticidade morfofisiológica, pode ser interpretada como um reflexo de sua capacidade adaptativa de tolerância à distúrbios, embora isso não elimine o risco de exclusão competitiva a médio e longo prazo.

Nos Campos de Altitude, o capim gordura e a braquiária reduzem a abundância e favorecem o alongamento caulinar de *A. arvense*, alterando microsítios e o estrato herbáceo. Em gradientes altitudinais de solos rasos e frios, cotas mais baixas e úmidas favorecem *Urochloa* spp., enquanto cotas elevadas

abrigam espécies rebrotantes sob restrições edáficas mais severas (Damasceno; Fidelis, 2020; Mano *et al.*, 2023).

As co-invasões produzem efeitos sinérgicos e legados edáficos duradouros. A remoção isolada de *Melinis minutiflora* resulta em substituição recíproca por *Urochloa* spp., evidenciando a interdependência competitiva entre ambas. Além disso, áreas invadidas mantêm características químicas alteradas mesmo após dois anos de remoção, apresentando valores de fertilidade e pH elevados, baixos teores de alumínio e variações significativas nas concentrações de fósforo, potássio e nitrogênio inorgânico (Zenni *et al.*, 2020).

Em nível mecanístico, a *Urochloa brizantha* exerce forte competição subterrânea, reduzindo a umidade do solo e o conteúdo relativo de água em raízes e folhas de espécies nativas. Essa competição resulta em menor eficiência fotoquímica, aumento de macro e micronutrientes essenciais (N, P, K, Mg, Fe e Mn) (Vieira *et al.*, 2019). O conjunto desses efeitos limita o crescimento e a biomassa das plantas nativas, explicando a relação direta entre a redução de abundância populacional e o alongamento dos caules.

Moutouama e Gaoue (2023) reforçam que os ganhos vegetativos não se traduzem em maior aptidão demográfica, sobretudo quando o nitrogênio se correlaciona negativamente com a abundância, possivelmente em função do aumento da herbivoria. Esse enquadramento é coerente com os alertas de Silveira (2021) de que a fertilização por dejetos desloca comunidades de solos extremamente pobres rumo a um espectro funcional mais aquisitivo, favorecendo gramíneas exóticas e reduzindo a diversidade nativa. Nesse contexto, o caule mais longo sob invasão de capim gordura e capim braquiária pode ser lido como ajuste ao sombreamento ou competição no estrato herbáceo

Em mosaicos montanos marcados por filtros edafoclimáticos severos, espécies de estratégia conservativa podem apresentar alongamento caulinar sob sombreamento e competição com gramíneas exóticas, sem ganhos demográficos (Fernandes *et al.*, 2020; Silveira, 2021). Essa plasticidade revela resiliência fenotípica, mas pode sinalizar perda de identidade florística quando pressões antrópicas relaxam filtros ambientais históricos.

Em paralelo, os efeitos negativos da altitude sobre abundância, rebrotas e perda total de parte aérea sugerem restrições edafoclimáticas adicionais. Complementarmente, fatores edáficos, como a disponibilidade de nitrogênio, e respostas transitórias das populações podem se sobrepor aos efeitos dos gradientes macroclimáticos. A redução da abundância com o aumento da altitude e o estiolamento dos caules em áreas dominadas por capins exóticos sugerem um desacoplamento entre o vigor vegetativo e o desempenho populacional, resultante da interação entre pressões bióticas (competição e herbivoria) e filtros edáficos de pequena escala.

Quando o fator de mudança climática é adicionado à discussão, o gênero *Urochloa* spp. apresenta alta adaptação e tendência à expansão em múltiplos cenários, enquanto plantas nativas perdem adequabilidade (Mano *et al.*, 2023). Essa projeção sustenta a persistência e expansão dos capins exóticos e, com ela, a reconfiguração do estrato herbáceo (como a incidência de luz e serapilheira) diminuindo microsítios de estabelecimento, influenciando no vigor vegetativo de desempenho populacional e no risco de substituição funcional de espécies nativas frente à expansão de gramíneas invasoras sob mudança climática.

Em ecossistemas campestres adaptados ao fogo, perturbações térmicas e físicas organizam redes de interação sem colapsar sua estrutura, sustentadas pela redundância funcional (Fagundes *et al.*, 2018). Distúrbios crônicos, como fogo e pastejo, interagem com o clima e reconfiguram *trade-offs* entre crescimento, sobrevivência e fecundidade: em ambientes úmidos e perturbados, há maior vigor vegetativo e menor fecundidade; em secos, maior sobrevivência, mas menor crescimento (Akin *et al.*, 2024).

A influência da variação ambiental sobre componentes demográficos em populações submetidas a estresse ambiental intenso ou a pressões antrópicas recorrentes podem sofrer declínios drásticos ou extinções locais, sobretudo quando os mecanismos de rebrota não são suficientes para compensar as perdas. Em ambientes montanos de solos rasos e pobres, a sensibilidade altitudinal, neste estudo, expressa pela menor abundância e redução do número de rebrotas, tende a amplificar esses efeitos.

Esses fatores, mediados por luz, umidade e gramíneas exóticas, explicam o padrão encontrado em *A. arvense*: abundância e rebrotas decrescentes com altitude e caule mais longo sob capins. Esses padrões explicam respostas paradoxais, vigor elevado sem aumento de abundância, observados em nossos campos sob perturbação física e competição com gramíneas exóticas. O que pode indicar que, os impactos recreativos e as invasoras atuam sinergicamente, acentuando o desequilíbrio entre crescimento e recrutamento.

Embora a variável “motocross” tenha apresentado baixa ocorrência e não tenha sido incluída nos modelos finais, a literatura mostra que esse tipo de uso recreativo provoca impactos significativos em ecossistemas montanos. A abertura e o uso contínuo de trilhas em ambientes frágeis causam compactação e erosão do solo, vazamento de combustíveis, alteração na drenagem e ruído excessivo, afetando fauna e estabilidade do substrato (Souza; Binkowski, 2016; Akin *et al.*, 2024). Em ambientes como os Campos de Altitude de Poços de Caldas, de solos rasos e pobres, essas perturbações modificam microambientes de umidade e infiltração, inibindo o recrutamento e favorecendo espécies oportunistas nas bordas e clareiras. Isso justifica o monitoramento específico de trilhas, a criação de zonas tampão e a regulamentação do uso recreativo em altitudes sensíveis. Nesse mesmo contexto, práticas generalistas de pastejo tendem a agravar os gargalos demográficos por pisoteio, dano a órgãos de reserva e limitação do recrutamento (Silveira, 2021).

A persistência de espécies campestres nativas depende da capacidade de regeneração em mosaicos de distúrbio (Silveira *et al.*, 2016), o que reforça a necessidade de ações de manejo voltadas ao controle de invasoras para assegurar a manutenção da espécie e da integridade ecológica desses ecossistemas. As recomendações de Silveira (2021) e Fernandes *et al.* (2020) convergem com nossos resultados ao indicar que o manejo deve evitar o pastejo como prática de manutenção, reduzir a compactação e controlar gramíneas invasoras. Em consonância, Fidelis *et al.* (2021) demonstraram que a quantidade de serrapilheira e o grau de exposição do solo exercem forte influência sobre o recrutamento de indivíduos após a roçada, enquanto a temperatura máxima do solo atua como filtro determinante após eventos de fogo. Como implicação prática, o manejo deve considerar a cota altitudinal para preservar bancos de gemas e microsítios favoráveis à regeneração (Fidelis *et al.*, 2021; Mano *et al.*, 2023).

Diante desse cenário de competição intensa e legados edáficos persistentes, torna-se crucial compreender em que medida as estratégias de regeneração vegetativa de *A. arvense* são capazes de compensar as perdas demográficas em ambientes sob distúrbios recorrentes.

4.3 DISTÚRBIOS, REBROTAS E LIMITES DA RESILIÊNCIA VEGETATIVA DE *Anemopaegma Arvense*

Os resultados referentes à terceira hipótese postulada indicam que a rebrota e a regeneração vegetativa desempenham papel central nas respostas de *A. arvense* aos distúrbios, mas que essas estratégias não garantem por si só, a manutenção do desempenho populacional ao longo do gradiente altitudinal. Esse padrão orienta a discussão sobre como diferentes regimes de distúrbio e condições locais modulam a resiliência da espécie.

Os históricos de distúrbios moldam estratégias de persistência e colonização episódica. Em áreas mais baixas, há maior facilidade de intercorrências com atividades humanas, como o fogo, pastejo e a circulação de motocicletas. Nessas condições, a rebrota emerge como um mecanismo compensatório de resiliência, permitindo a sobrevivência da espécie mesmo diante da perda de biomassa aérea.

Em contrapartida, altitudes mais elevadas, sujeitas a menor intensidade de distúrbios, demandam menos investimento em regeneração vegetativa, o que explica a menor frequência de rebrotas observadas. A literatura corrobora a esses resultados, Firetti (2018) e Ferraro *et al.* (2021) destacam que *A. arvense* possui estruturas subterrâneas especializadas, como xilopódios e gemas subterrâneas, que conferem elevada capacidade de regeneração após distúrbios, especialmente o fogo recorrente (Pausas *et al.*, 2018).

A regeneração e os filtros ecológicos nos Campos de Altitude constituem um eixo central para compreender a dinâmica populacional de espécies lenhosas e herbáceas nesses ambientes, marcados por distúrbios recorrentes e condições ambientais extremas. Os padrões de predominância do rebrote e o papel determinante do banco de gemas subterrâneo, descritos por Fidelis *et al.* (2021), elucidam as respostas

observadas para *A. arvense* ao longo do gradiente altitudinal. Em sistemas campestres pobres em nutrientes, a regeneração vegetativa tende a prevalecer sobre o recrutamento por plântulas, tornando coerentes as reduções de abundância e de rebrotas observadas em cotas mais elevadas, uma vez que fatores edafoclimáticos limitam tanto a ativação de gemas quanto a reposição de biomassa aérea.

Contudo, a maior incidência de perda de parte aérea em altitudes baixas sugere que tais estratégias de resiliência podem ser insuficientes diante da combinação de estresse ambiental e distúrbios antrópicos. Além disso, populações situadas em cotas intermediárias mostraram maior resiliência, oferecendo uma perspectiva para compreender a variação no padrão de rebrota e perda total da parte aérea ao longo do gradiente altitudinal (Moutouama; Gaoue, 2023), sugerindo que a capacidade de rebrota da espécie está mais associada a populações situadas em parcelas inferiores dos Campos de Altitude.

Os resultados de Fidelis *et al.* (2021) e Conceição *et al.* (2024) reforçam que a intensidade térmica do fogo e a qualidade dos microsítios pós-distúrbio definem a regeneração: rebrotadores asseguram continuidade local e sementeiras promovem colonização episódica.

Assim, a combinação entre filtros ambientais, competição e distúrbios define limites claros para a resiliência de *A. arvense*, criando um pano de fundo necessário para discutir a conservação dos Campos de Altitude em uma perspectiva demográfica, filogenética e jurídico-ambiental.

4.4 SÍNTESE INTEGRATIVA - ESTRUTURA E DINÂMICA POPULACIONAL E A CONSERVAÇÃO DE *Anemopaegma arvense*

Os resultados aqui obtidos, aliados à síntese macroecológica e filogenética de Pizzardo *et al.* (2024), indicam que a priorização da conservação dos Campos de Altitude deve integrar camadas regionais de risco e filogenia, com métricas locais de desempenho populacional, como abundância, vigor, mortalidade e rebrotas. Esse padrão é coerente com o observado nos Campos de Altitude de Poços de Caldas, onde a demografia e o desempenho de *Anemopaegma arvense* foi fortemente estruturada pelo gradiente altitudinal e pela presença de gramíneas exóticas, evidenciando a influência conjunta de filtros abióticos e históricos evolutivos sobre as respostas populacionais.

A proposta conceitual de Volaire *et al.* (2020) que diferencia traços estáticos (padrão) daqueles dinâmicos (processo), fornece base teórica sólida para essa interpretação. As métricas analisadas, abundância, perda de parte aérea, rebrotas e comprimento do caule, refletem processos demográficos e funcionais que traduzem a aptidão da espécie frente a variações microambientais.

Os Campos de Altitude configuram ecossistemas montanos de elevada complexidade ecológica e biogeográfica, combinando riqueza taxonômica com padrões filogenéticos singulares. Métricas baseadas em história evolutiva, como Diversidade Filogenética (PD) e Distinção evolutiva (EDGE) permitem

identificar áreas prioritárias para a conservação que não se revelam apenas por contagem de espécies, mas também por sua singularidade evolutiva e o risco de extinção (Pizzardo *et al.*, 2024).

Por fim, considerando a natureza disjunta e fragmentada dos Campos de Altitude, a conservação de suas espécies deve seguir princípios de metapopulação, nos quais a viabilidade de longo prazo depende tanto do tamanho quanto da conectividade entre populações (Ribeiro; Freitas, 2010). Compreender a biologia e os ciclos reprodutivos de espécies endêmicas e ameaçadas, como *A. arvense*, é essencial para orientar estratégias de manejo e conservação efetivas (Medina *et al.*, 2016). Essa perspectiva integradora reafirma que a ecologia dos Campos de Altitude deve ser tratada como uma síntese evolutiva, processos demográficos e pressões contemporâneas, consolidando a ponte entre evidência e a tomada de decisão.

A literatura jurídico-ambiental contemporânea tem destacado que as mudanças climáticas intensificam o risco de extinção e exigem maior integração entre políticas climáticas e estratégias de conservação. Ao sintetizar cenários do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), Painel Brasileiro sobre Mudanças Climáticas (PBMC) e indicadores nacionais de ameaça, Góis e Verges (2025) demonstram que o Brasil combina alta diversidade biológica com crescente vulnerabilidade climática, mas também um arcabouço normativo fragmentado, ainda incapaz de traduzir o risco climático em instrumentos operacionais de proteção. Embora a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) contenha diretrizes relacionadas à biodiversidade, faltam mecanismos jurídicos específicos, como gatilhos automáticos de reclassificação de ameaça ou priorização territorial baseada em projeções climáticas. De modo semelhante, políticas consolidadas de conservação, como o SNUC e a Lei da Mata Atlântica, ainda não incorporam de forma sistemática a vulnerabilidade climática na definição de prioridades (Góis e Verges, 2025).

Em paralelo, a influência negativa das gramíneas invasoras sobre a abundância e o vigor reforça a urgência de políticas e instrumentos jurídicos voltados ao controle de espécies exóticas, sobretudo diante de cenários climáticos que ampliam sua expansão e alteram regimes de fogo (Góis; Verges, 2025). Alinhar programas de adaptação e restauração com metas, financiamento e monitoramento demográfico, às evidências empíricas aqui apresentadas representa uma via concreta para aproximar ciência do clima e gestão de espécies ameaçadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidencia que a estrutura e a dinâmica populacional de *Anemopaegma arvense* em Campos de Altitude urbanos são fortemente condicionadas pela combinação entre filtros ambientais e pressões antrópicas. A ação conjunta da altitude, das características edáficas e da invasão por gramíneas exóticas resulta em populações menos abundantes, com menor capacidade de rebrota em determinados contextos e com respostas vegetativas que nem sempre se traduzem em ganhos demográficos. Em termos

ecológicos, *A. arvense* emerge como um modelo sensível para compreender como espécies endêmicas e ameaçadas respondem à intensificação de distúrbios em ecossistemas campestres montanos.

Os resultados reforçam que os Campos de Altitude, especialmente aqueles inseridos em matrizes urbanas e fragmentadas, encontram-se em situação crítica de vulnerabilidade à degradação. A presença de gramíneas exóticas, o fogo antrópico, o pastejo, o uso recreativo motorizado e a pressão imobiliária reduzem a disponibilidade de micrositios favoráveis ao estabelecimento e colocam em risco a persistência de linhagens evolutivamente singulares. Nessa perspectiva, a catuaba pode ser entendida como espécie-sentinela da integridade ecológica desses ambientes, pois sua resposta demográfica integra, de forma concreta, os efeitos cumulativos de invasão biológica, distúrbios e mudanças nas condições locais.

À luz desses achados, a conservação de *A. arvense* e de outras espécies associadas aos Campos de Altitude depende da consolidação e do fortalecimento de áreas protegidas que considerem, de maneira explícita, a presença de gramíneas invasoras, os gradientes altitudinais e o histórico de uso do solo. A incorporação dos Campos de Altitude em instrumentos de planejamento territorial, bem como a adoção de ações de manejo voltadas ao controle de espécies exóticas, à restrição de atividades de alto impacto e à manutenção de conectividade entre remanescentes, são passos fundamentais para reduzir o risco de colapso populacional em escala local e regional.

Por fim, os resultados deste trabalho ressaltam a importância do monitoramento populacional contínuo como componente estratégico da conservação em ecossistemas montanos. O acompanhamento de parâmetros como abundância, perda de parte aérea, rebrotas e vigor vegetativo ao longo do tempo permite detectar tendências de declínio, avaliar a eficácia de ações de manejo e antecipar cenários de maior risco. Nesse sentido, estudos demográficos de longo prazo, integrados a abordagens filogenéticas, funcionais e jurídico-ambientais, constituem uma agenda promissora para garantir que os Campos de Altitude permaneçam como paisagens vivas e funcionais, e não apenas como registros de biodiversidade perdida em listas de espécies ameaçadas.

Diante desse cenário, a conservação de *A. arvense* requer uma abordagem integrada que envolva: (i) a síntese crítica do conhecimento disponível sobre a espécie, incluindo seus usos medicinais e lacunas ecológicas, por meio de ferramentas bibliométricas; (ii) a produção de dados empíricos sobre sua estrutura e dinâmica populacional em Campos de Altitude sob diferentes regimes de perturbação; e (iii) a tradução desses resultados em subsídios para políticas públicas, instrumentos jurídico-ambientais e estratégias de manejo em escala local e regional.

6. REFERÊNCIAS

AKIN, Y. Y.; GLÈLÈ KAKAI, R. L.; GAOUE, O. G. Chronic anthropogenic disturbance and climate synergistically shape demographic trade-offs in a tropical fuelwood tree. **Forest Ecology and Management**, v. 573, p. 122339, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122339>.

- ANDRADE, B. O.; BONILHA, C. L.; DE ABREU FERREIRA, P. M.; BOLDRINI, I. I.; OVERBECK, G. E. Highland grasslands at the southern tip of the Atlantic Forest biome: management options and conservation challenges. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 2, p. 146-161, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2002.02>.
- ASSIS, M. V.; DE MATTOS, E. A. Vulnerabilidade da vegetação de campos de altitude às mudanças climáticas. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 2, p. 163-174, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2002.03>.
- BELO, R. M.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, G. W.; SILVEIRA, F. A.; RANIERI, B. D.; MORELLATO, P. C. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, p. 817-828, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/xPhgVtRLSGy9zywBkdHncyF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2024
- BROOKS, M. E.; KRISTENSEN, K.; VAN BENTHEM, K. J.; MAGNUSSON, A.; BERG, C. W.; NIELSEN, A.; BOLKER, B. M.. GlimmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling (2017). Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1637&context=r-journal>. Acesso em: 25 out. 2025.
- CAIAFA, A. N.; SILVA, A. F. D. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais-Brasil. **Rodriguésia**, v. 56, n. 87, p. 163-173, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/mtVHRwXgkOMwLr7NXmjvT3r/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 set. 2024
- CHAE, H. H.; KIM, Y. C.; KWAK, M. H.; NAM, G. H. Distribution Characteristics, Population Structure and Dynamics of the Endangered Plant, *Viola websteri* Hemsl. **Korean Journal of Environment and Ecology**, v. 35, n. 1, p. 48-67, 2021. DOI: <https://doi.org/10.13047/KJEE.2021.35.1.48>.
- COELHO, A. A.; LIMA, G. A.; FAGUNDES, A. C. A.; COSTA, J. S.; VANEGAS FLOREZ, O. J.; BEZERRA-SILVA, A.; VILLA, P. M. Colonization–persistence trade-offs shape changes on vegetation island community assembly in campo rupestre under fire disturbance. **Flora**, v.310, p. 152423, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152423>.
- DAHLGREN, J. P.; EHRLÉN, J. Linking environmental variation to population dynamics of a forest herb. **Journal of Ecology**, p. 666-674, 2009. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2009.01504.x.
- DAHLGREN, J. P.; BENGTTSSON, K.; EHRLÉN, J. The demography of climate-driven and density-regulated population dynamics in a perennial plant. **Ecology**, v. 97, n.4, p. 899-907, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1890/15-0804.1>
- DAMASCENO, G.; FIDELIS, A. Abundance of invasive grasses is dependent on fire regime and climatic conditions in tropical savannas. **Journal of Environmental Management**, v. 271, p. 111016, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111016>
- DA SILVA, I. M. M.; DE BARROS, D. A.; JUNIOR, M. G. C.; DE OLIVEIRA, A. L.; CARVALHO, R. D. C. R.; CARVALHO, A. G. Levantamento florístico de plantas medicinais de um fragmento de campos de altitude da mata atlântica. **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 3, p. 37-53, 2019. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/236355292.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024
- DUARTE, V. B. R.; DIAS, H. M.; DE OLIVEIRA J. T.; DE SOUZA ABREU V.; KUNZ, S. H.; GOMES, G. S. L.; CALDEIRA, M. V. W. Demographic dynamics of a tropical montane rainforest: resilience to drought and implications for biodiversity conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 382, p.125374, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125374>
- ELIAS, T. S.; PRANCE, G. T. Nectaries on the fruit of *Crescentia* and other Bignoniaceae. **Brittonia**, v. 30, n. 2, p. 175-181, 1978. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/71933487/280664820211008-7875-kctslid-libre.pdf?1633854711=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNectaries_on_the_Fruit_of_Crescentia_and.pdf&Expires=1763004591&Signature=eOqJX2e~SZqJeKuwmAin4EkAgI0VLONW2fKZD7qjnOnvMiRIDpkMJDH5BsMra70a-MTe8~Frpsr9jmk4LeOUKpOR0d30a2DrmMYC9fYo~zVORMt4-gr98AcHsPk7Oxe6GIPau5k0MK6A1m35sYgKHytbiIFNojSd

[ni5UGWcHORIOqMsFd-3B3kCPFY8wYyV5MDEDjqz97gK11b~B~IHOs-eImXkqui9k0r9VGHgplj6YaXxrlvLHrWSvZg3Xh~7c744YHzC4w9XdGf8K~18XiTtCOk6bejirLAoDUSw4z78xNO1-iw4ekTM5giYTosHyoFFfntK1ke1zUwcCT8qr9g_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.11.001). Acesso em: 10 ago. 2024

FAGUNDES, R.; LANGE, D.; ANJOS, D. V.; DE LIMA, F. P.; NAHAS, L.; CORRO, E. J.; SILVA, P. B. G.; DEL-CLARO, K.; RIBEIRO, S. P.; DÁTILLO, W. Limited effects of fire disturbances on the species diversity and structure of ant-plant interaction networks in Brazilian Cerrado. **Acta Oecologica**, v. 93, p. 65–73, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.11.001>.

FERNANDES, G. W.; ARANTES-GARCIA, L.; BARBOSA, M.; BARBOSA, N. P.; BATISTA, E. K.; BEIROZ, W.; SILVEIRA, F. A. Biodiversity and ecosystem services in the Campo Rupestre: A road map for the sustainability of the hottest Brazilian biodiversity hotspot. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 18, n.4, p. 213-222, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.10.004>.

FERRARO, A.; DA SILVA, G. S.; DE AGUIAR, C. L.; APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Evaluating belowground bud banks of native species from Cerrado: structural, chemical, and ecological approaches. **Flora**, v. 281, p. 151852, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151852>.

FIDELIS, A.; RODRIGUES, C. A.; DAIREL, M.; BLANCO, C. C.; PILLAR, V. D.; PFADENHAUER, J. What matters for vegetation regeneration in Brazilian subtropical grasslands: seeders or resprouters? **Flora**, v. 279, p. 151817, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151817>.

FIRETTI, F. *Anemopaegma* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB112500>>. Acesso em: 07 mar. 2025

Firetti, F. Apomixis in Neotropical Vegetation. **InTech**, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.71856.

FIRETTI-LEGGIERI, F.; LOHMANN, L. G.; SEMIR, J.; DEMARCO, D.; CASTRO, M. M. Using leaf anatomy to solve taxonomic problems within the *Anemopaegma arvense* species complex (Bignoniaceae, Bignoniaceae). **Nordic Journal of Botany**, v. 32, n. 5, p. 620–631, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.00275.x>.

FONSECA, B. A.; DA SILVA, R. D. S. M.; BOTEZELLI, L.; DE LIMA BRAGA, J. P. Remanescentes de Vegetação Nativa em Perímetro Urbano: os Campos de Altitude e a Efetividade de sua Proteção em Poços de Caldas, MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 06, 2944-2959, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/254296/42914>. Acesso em: 11 mai. 2024

GÓIS, R. L. S.; VERGES, J. V. G. Crise climática e espécies ameaçadas: normatividade federal brasileira. **Veredas do Direito**, v. 22, p. e222696, 2025. DOI: <https://doi.org/10.18623/rvd.v22.2696>.

IGANCI, J. R.; HEIDEN, G.; MIOTTO, S. T. S.; PENNINGTON, R. T. Campos de Cima da Serra: the Brazilian Subtropical Highland Grasslands show an unexpected level of plant endemism. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 167, n. 4, p. 378-393, 2011. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46741776/CCS_2011-1jbre.PDF?1466715349=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCampos_de_Cima_da_Serra_the_Brazilian_Su.pdf&Expires=1763005156&Signature=KkVdmp2k~LWk9xsVtcD~MaFGrsSjBZh1R1uOfeBE4iuC6I0Sjsl8DmF1yvEPgzXmlAzBhWroUiP7JTeCr9mQo9gPYcYCEfy4vzCVIDJMKzeD2qsM~OZGiEnV~FgrZP~UWem7wXDfZacTpgp-9svFGhN8NPaLLOS9uUHRh0zt7JomJx7MMzg-peR4xdECAxCDBkz8GzZkT1~D8csPxarLkkO1ajADGgijY9jD1i~AUlWtTLnlEbtqS4Sfsvhj0heKlpevxuGHKTFH5yZXh4LfoUIOgDaKVilTiKAPz52q1SCAdSq81JDBYJ4Ib9IVLc8iX3h~R5Blc~DzI8WOz5ig_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 11 mai. 2024

INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ). **Jabot – Banco de Dados da Flora Brasileira**. Disponível em: <https://jabot.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 7 mar. 2025.

MANO, G. B.; LOPES, A.; PIEDADE, M. T. F. Will climate change favor exotic grasses over native ecosystem engineer species in the Amazon Basin? **Ecological Informatics**, v. 75, p. 102102, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102102>.

- MARTINELLI, G.. Mountain biodiversity in Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 587-597, 2007. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/91fe/179ef7e8f2e4da501c233504030dba3f8e17.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- MAURO, C.; PEREIRA, A. M. S.; SILVA, C. D. P.; MISSIMA, J.; OHNUKI, T.; RINALDI, R. B. Estudo anatômico das espécies de cerrado *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellf. ex de Souza (catuaba), *Zeyheria montana* Mart.(bolsa-de-pastor) e *Jacaranda decurrens* Chamisso (caroba)-Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 262-265, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000200021>.
- MEDINA, B. M.; RIBEIRO, K. T.; AXIMOFF, I. A.; SCARANO, F. R. Effects of fire on population dynamics of an endemic high altitude rupicolous geophyte. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 2, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2002.11>.
- MENDES, F. R. Tonic, fortifier and aphrodisiac: adaptogens in the Brazilian folk medicine. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 21, p. 754-763, 2011. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/7d3e/c723607887a5987a9366a6a88a4092f6d775.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- MENDES, F. R.; CARLINI, E. A. Brazilian plants as possible adaptogens: an ethnopharmacological survey of books edited in Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 109, n. 3, p.493-500, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.08.024>
- MENDES, F. R.; MARQUES, L. C. *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex De Souza. **Medicinal and Aromatic Plants of South America: Brazil**, p. 109-119, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-024-1552-0_8.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Portaria MMA n. 148, de 7 de junho de 2022. **Diário Oficial da União**, n. 108, p. 74-162, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- MOCCHINSKI, A. Y.; SCHEER, M. B. Campos de altitude na Serra do Mar paranaense: aspectos florísticos. **Floresta**, v. 38, n. 4, p. 625-640, 2008. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/95898069/328063137-libre.pdf?1671230502=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCampos_De_Altitude_Na_Serra_Do_Mar_Paran.pdf&Expires=1763005619&Signature=N R5N63Z5dyVkwytngcKpHPxYiSdyIzDXZ2eSbjkTCf35Yf2a713JHm2-sn0rt2x0cbDLz2lwnos0hifkH9D69Ivn WH-6NVAQhi0-v294Uu7eK8rBI3aUm-wumfpGQmqgntMap2i0bbNfxUdqO1I-2mkYCnKdFe0B7DcgD82HstlQir Ndk-42BOge1EEVohVJUAUVYNPtAWK5Ny0xW9TIK0z7bctyGZfTI2ILpXBF1BoVr-rVUekaTvr4C3TS984cUJ4rI ndaEHZ8UciF1AhVOvkeMHCuF8LphXWIHbR9Tv7Zf00LRG7pf7TUMoQliecvugnSCsz7st57nVNAs7nlg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 7 mar. 2024.
- MORAES, R. P.; CARVALHO, W. A. C.; PEREIRA, J. A. A.; NASCIMENTO, G. O.; BARROS, D. A. Effect of topsoil stockpiling on the viability of seed bank in field phytophysiologicals Campos de Altitude. **Cerne**, v.23, n. 3, p. 339-347, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cerne/a/LfSkdnky8hDpnm3wRghkbp/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 10 ago. 2024
- MOUTOUAMA, J. K.; GAOUE, O. G. Effects of range and niche position on the population dynamics of a tropical plant. **Ecology**, v. 104, n. 4, p. e3990, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.3990>.
- NERI, A. V.; BORGES, G. R. A.; MEIRA-NETO, J. A. A.; MAGNAGO, L. F. S.; TROTTER, I. M.; SCHAEFER, C. E. G.; POREMBSKI, S. Soil and altitude drive diversity and functioning of Brazilian Páramos (campo de altitude). **Journal of Plant Ecology**, v. 10, n. 5, p. 771-779, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw088>.
- PAUSAS, J. G.; LAMONT, B. B.; PAULA, S.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B., FIDELIS, A. (2018). Unearthing belowground bud banks in fire-prone ecosystems. **New Phytologist**, v. 217, n. 4, p. 1435-1448, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.14982>.

PEREIRA, A. M.; AMUI, S. F.; BERTONI, B. W.; MORAES, R. M.; FRANÇA, S. C. Micropropagation of *Anemopaegma arvense*: conservation of an endangered medicinal plant. **Planta medica**, v. 69, n. 06, p. 571-573, 2003. DOI: 10.1055/s-2003-40644.

PEREIRA, F. N.; PINHEIRO, A. L.; SOARES, L. A.; NASCIMENTO, D. D.; MODINA, W.; NEOFITI, W. C. F. Caracterização Florística de um remanescente de campo de altitude no perímetro urbano de Poços de Caldas/MG. **Anais do 18º Congresso Nacional do Meio Ambiente, Justiça climática no antropoceno**. Poços de Caldas, v. 13 n.1, 2021. Disponível em: https://meioambientepocos.com.br/anais/ANAIS%202021/414_caracterizao-florstica-de-um-remanescente-de-campo-de-altitude-no-permetro-urbano-de-poos-de-caldasmg.pdf. Acesso em: 10 ago. 2024

PINHEIRO, A. L.; PEREIRA, F. N.; BRAGA, J. P. L. Espécies indicadoras dos campos de altitude do planalto de Poços de Caldas e serra de Caldas, em Minas Gerais. **Regnella Scientia**, v. 6, n. 3, p.96-119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.61202/2525-4936.v6.n3.2020.96-119>.

PINHEIRO, A. L.; PEREIRA, F. N.; SILVA, R. D. S. M. D.; RABELO, M. A. Análise da proteção legal dos Campos de Altitude e propostas de áreas para a sua conservação em Poços de Caldas-MG. **Regnella Scientia**, v. 9, n. 3, p.105-122, 2023. DOI: <https://doi.org/10.61202/2525-4936.v9.n3.2023.105-122>.

PIZZARDO, R. C.; NIC LUGHADHA, E.; RANDO, J. G.; FOREST, F.; NOGUEIRA, A.; PROCHAZKA, L. S.; WALKER, B. E., VASCONCELOS, T. (2024). An assessment of methods to combine evolutionary history and conservation: A case study in the Brazilian campo rupestre. **Applications in Plant Sciences**, v. 12, n. 3, p. e11587, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/aps3.11587>.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção versão 3.0 do MapBiomias Fogo. 2024. DOI: <https://doi.org/10.58053/MapBiomias/VJJJCL>.

RIBEIRO, K. T.; FREITAS, L. Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 239-246, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000400029>.

RIEDER, A.; FERNANDES, R. S. Medicinal plant bioactivity—Catuaba (*Anemopaegma arvense* (Vell) Stellfeld JF & de Souza) on *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) Lepidoptera: Noctuidae) in the larval stage. **Planta Medica**, v. 77, n. 12, p. PM210, 2011. DOI: 10.1055/s-0031-1282968.

SAMPAIO, D. S. **Biologia reprodutiva de espécies de Bignoniaceae ocorrentes no Cerrado e variações no sistema de autoincompatibilidade**. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13259/1/BiologiaReprodutivaEspecies.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SILVA, K. A.; SANTOS, J. M. F. F.; ANDRADE, J. R.; LIMA, E. N.; ALBUQUERQUE, U. P.; FERRAZ, E. M. N.; ARAÚJO, E. L. The influence of microhabitat on the population dynamics of four herbaceous species in a semiarid area of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 1, p. 45-54, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.10014>.

SILVA, F. V. D.; MELO, J. C. F. D.; MATILDE-SILVA, M. Padrões de herbivoria e estratégias de defesa de comunidades de restinga em gradiente edáfico. **Hoehnea**, v. 49, p. e212021, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-8906-21/2021>.

SILVA, R. de S. M. da; BOTEZELLI, L. Identificação de áreas de Campos de Altitude do perímetro urbano de Poços de Caldas/MG pelo sensoriamento remoto e sua contraposição ao Plano Diretor de 2022. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 3, p. 1720–1737, 2024. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.3.p1720-1737>.

SILVEIRA, F. A. O. Where to graze? An edaphic grassland perspective of grazing management in grassy ecosystems. **Tropical Conservation Science**, v. 14, p. 1–3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/19400829211042255>.

SILVEIRA, F. A.; NEGREIROS, D.; BARBOSA, N. P.; BUISSON, E.; CARMO, F. F.; CARSTENSEN, D. W.,

- LAMBERS, H. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, n. 1, p. 129-152, 2016. DOI: DOI 10.1007/s11104-015-2637-8.
- SOUZA, A. V.; OLIVEIRA, F. J. V.; BERTONI, B. W.; FRANÇA, S. C.; PEREIRA, A. M. S. Michorrhizical funghi studies in catuaba (*Anemopaegma arvense* (Vell.) Stell. ex de Souza), a medicinal plant from the Cerrado region at risk of extinction. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 646-654, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000500004>.
- SOUZA, R. A.; BINKOWSKI, P. Impactos socioambientais causados pela prática de motocross no município de São Francisco de Paula/RS. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 2, n. 3, p. 207–216, 2016. Disponível em: <https://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/472>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- TEIXEIRA, T. M.; BOEFF, D. D.; DE OLIVEIRA CARVALHO, L.; RITTER, M. R., KONRATH, E. L. The traditional use of native Brazilian plants for male sexual dysfunction: Evidence from ethnomedicinal applications, animal models, and possible mechanisms of action. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 318, p. 116876, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116876>.
- VIEIRA, E. A.; GALVÃO, F. C. A.; BARROS, A. L. Influence of water limitation on the competitive interaction between two Cerrado species and the invasive grass *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 135, p. 206–214, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.12.002>.
- VILANOVA, M. R. N. Hidrologia e monitoramento hidrológico de montanhas tropicais. **Fronteiras da Engenharia e Ciências Ambientais**, v. 73, 2025. DOI: <https://doi.org/10.7476/9786557140093>.
- VOLAIRE, F.; GLEASON, S. M.; DELZON, S. What do you mean “functional” in ecology? Patterns versus processes. **Ecology and Evolution**, v. 10, p. 11875–11885, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.6781>.
- WILLIAMS, E. A.; BOTEZELLI, L.; BRAGA, J. P. L.; GODOY, E. J. Vegetação dos Campos de Altitude no Planalto de Poços de Caldas, Minas Gerais. **Regnella Scientia**, v. 9, n. 3, p.135-142, 2023. DOI: <https://doi.org/10.61202/2525-4936.v9.n3.2023.135-142>.
- ZENNI, R. D.; DA CUNHA, W. L.; MUSSO, C.; DE SOUZA, J. V.; NARDOTO, G. B.; MIRANDA, H. S. (2020). Synergistic impacts of co-occurring invasive grasses cause persistent effects in the soil–plant system after selective removal. **Functional Ecology**, v. 34, p. 1102–1112, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13524>.
- ZIRONDI, H.; OOI, M. K.; FIDELIS, A. Fire-triggered flowering is the dominant post-fire strategy in a tropical savanna. **Journal of Vegetation Science**, v. 32, n. 2, p. e12995, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12995>.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS

As análises desenvolvidas nesta dissertação evidenciam que a *Anemopaegma arvense* ocupa uma posição singular na interface entre ciência, conservação e uso tradicional. Por um lado, trata-se de uma espécie amplamente reconhecida pela farmacologia e pela etnobotânica; por outro, sua ecologia e sua dinâmica populacional permanecem pouco exploradas, mesmo diante de seu enquadramento como ameaçada e da rápida transformação dos Campos de Altitude em que ocorre. Ao articular uma síntese bibliométrica com um estudo ecológico em populações naturais, este trabalho contribuiu para explicitar tanto os vazios de conhecimento quanto os mecanismos demográficos que condicionam a persistência da espécie em um contexto de urbanização e intensificação de distúrbios.

Do ponto de vista prático, os resultados reforçam que a conservação de *A. arvense* não pode ser pensada de forma isolada, mas integrada ao manejo dos remanescentes de Campos de Altitude urbanos. A redução da abundância em áreas invadidas por gramíneas exóticas, o baixo recrutamento por plântulas e a forte dependência de rebrotas vegetativas indicam que a espécie é sensível a alterações finas de micro-habitat, à competição e à recorrência de distúrbios. Isso aponta para a necessidade de ações concretas de manejo, como o controle sistemático de gramíneas invasoras, a regulação do uso do fogo e de práticas de alto impacto, bem como a proteção jurídica efetiva dos fragmentos que ainda abrigam populações viáveis.

Ao longo das atividades de campo realizadas para esta dissertação, tornou-se evidente que os Campos de Altitude que abrigam *A. arvense* constituem ecossistemas complexos e estratificados, sustentando rica fauna nativa, especialmente de insetos, aves e répteis, e uma flora altamente especializada. Paralelamente, observou-se a recorrência de atividades antrópicas de alta intensidade e, de forma emblemática, a autorização de supressão total do campo B para implantação de dois novos empreendimentos residenciais, o que ilustra a rapidez com que remanescentes campestres podem ser convertidos em áreas edificadas. Esse cenário é agravado pela “cegueira botânica” de grande parte da população, que não reconhece os Campos de Altitude como ambientes de alto valor ecológico nem distingue suas espécies nativas, reforçando a máxima de que só se protege o que se conhece e contribuindo para a naturalização de decisões que fragilizam ainda mais esses sistemas.

Do ponto de vista funcional, a manutenção desses remanescentes é crucial para a provisão de serviços ecossistêmicos, em especial a regulação hídrica, uma vez que os campos atuam como importantes áreas de recarga e infiltração de água; em contrapartida, observações empíricas ao longo do estudo indicam o aumento do escoamento superficial e do fluxo de água em trechos da zona urbana associados à supressão recente desses ambientes, sugerindo que a perda de cobertura campestre não afeta apenas espécies ameaçadas como *A. arvense*, mas também a segurança hídrica e a qualidade ambiental da própria cidade.

Os achados também têm implicações diretas para o ordenamento territorial e a conectividade da paisagem. A concentração de *A. arvense* em poucos remanescentes campestres, isolados pela malha urbana, sugere que a fragmentação já compromete a continuidade de fluxos ecológicos. A criação e manutenção de corredores ecológicos entre fragmentos de Campo de Altitude, por exemplo, ao longo de topos de morro e vales que ainda preservam florestas nativas, constitui uma estratégia fundamental para reduzir o isolamento de populações, favorecer a dispersão de propágulos e atenuar efeitos de borda. Esses corredores podem ser articulados a instrumentos de planejamento, como o macrozoneamento urbano, planos diretores e unidades de conservação municipais, aproximando a evidência ecológica da tomada de decisão.

No plano científico, os resultados da análise bibliométrica indicam que a trajetória de pesquisa sobre *A. arvense* é marcada por forte assimetria temática, com predominância de estudos farmacológicos e fitoquímicos, e escassez de investigações sobre ecologia, genética de populações e conservação. Essa constatação aponta para um amplo campo de pesquisa ainda pouco explorado. Estudos futuros podem aprofundar a compreensão da dinâmica demográfica por meio de séries temporais mais longas, modelos de projeção de populações (por exemplo, matrizes de transição e modelos baseados em indivíduos), experimentos de remoção de gramíneas exóticas e manipulação de regimes de distúrbio. Além disso, abordagens em genética de populações e genômica da conservação poderiam elucidar padrões de variabilidade genética, fluxo gênico e estruturação espacial, subsidiando decisões sobre priorização de áreas e manejo de metapopulações.

Outra frente promissora diz respeito à ampliação da escala taxonômica e ecológica do enfoque adotado nesta dissertação. A abordagem combinada de síntese bibliométrica e estudo de campo pode ser aplicada a outras espécies ameaçadas ou pouco conhecidas dos Campos de Altitude, especialmente aquelas com alta relevância ecológica ou sociocultural. Nesse sentido, orquídeas terrestres do gênero *Cyrtopodium*, bem como outras espécies endêmicas e ameaçadas da flora campestre, despontam como candidatas prioritárias para investigações integradas que articulem história natural, demografia e contexto de paisagem. Estudos comparativos entre múltiplas espécies poderiam revelar padrões gerais de resposta a gradientes ambientais e pressões antrópicas, contribuindo para o desenho de estratégias de conservação em nível de comunidade e de ecossistema.

É igualmente importante reconhecer as limitações deste estudo. No componente bibliométrico, a dependência de bases indexadas específicas e de registros disponíveis on-line implica vieses de cobertura geográfica, linguística e temática, que podem subestimar a produção científica não indexada ou publicada em formatos alternativos. No componente ecológico, o monitoramento se concentrou em três áreas e em um intervalo temporal relativamente curto, o que restringe a extrapolação dos resultados para outros anos, condições climáticas e contextos regionais. A natureza observacional do estudo limita inferências causais

estritas sobre os mecanismos subjacentes às respostas demográficas observadas, e a ausência de dados genéticos impede avaliar a dimensão evolutiva da vulnerabilidade local da espécie.

Apesar dessas limitações, a dissertação oferece uma base consistente para o avanço do conhecimento sobre *A. arvense* e para a construção de estratégias de conservação mais informadas. Ao revelar, simultaneamente, a marginalização da espécie nas agendas ecológicas e sua vulnerabilidade demográfica em Campos de Altitude urbanos, o trabalho reforça a necessidade de aproximar ciência, gestão pública e participação social. O aprofundamento das linhas de pesquisa aqui sugeridas, articulado à implementação de corredores ecológicos, ao controle de invasoras e à proteção legal dos remanescentes, pode contribuir para que *A. arvense* deixe de ser apenas um símbolo da perda de biodiversidade e passe a ocupar um lugar de referência na construção de modelos de conservação de espécies campestres ameaçadas no Sudeste do Brasil.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

- ALVES, F. A. F.; BEZERRA, I. R. S.; LIMA, T. F.; SOUZA, S. M. de; NUNES, A. C.; BRANDÃO, E. J. Impactos de mudanças climáticas para a fisiologia e morfologia vegetal e à sociedade. **Revista Ambientale**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 24–36, 2024. DOI: 10.48180/ambientale.v16i1.560.
- ANDRADE, B. O.; BONILHA, C. L.; DE ABREU FERREIRA, P. M.; BOLDRINI, I. I.; OVERBECK, G. E. Highland grasslands at the southern tip of the Atlantic Forest biome: management options and conservation challenges. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 2, p. 146-161, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2002.02>. Acesso em: 10 ago. 2024
- CHAE, H. H.; KIM, Y. C.; KWAK, M. H.; NAM, G. H. Distribution Characteristics, Population Structure and Dynamics of the Endangered Plant, *Viola websteri* Hemsl. **Korean Journal of Environment and Ecology**, v. 35, n. 1, p. 48-67, 2021. DOI: <https://doi.org/10.13047/KJEE.2021.35.1.48>.
- DAHLGREN, J. P.; EHRLÉN, J. Linking environmental variation to population dynamics of a forest herb. **Journal of Ecology**, p. 666-674, 2009. Disponível em: doi: 10.1111/j.1365-2745.2009.01504.x. Acesso em: 25 out. 2024.
- FERRARO, A.; DA SILVA, G. S.; DE AGUIAR, C. L.; APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Evaluating belowground bud banks of native species from Cerrado: structural, chemical, and ecological approaches. **Flora**, v. 281, p. 151852, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151852>. Acesso em: 25 out. 2024.
- FIRETTI, F. *Anemopaegma* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB112500>>. Acesso em: 07 mar. 2025
- FIRETTI-LEGGIERI, F.; LOHMANN, L. G.; SEMIR, J.; DEMARCO, D.; CASTRO, M. M. Using leaf anatomy to solve taxonomic problems within the *Anemopaegma arvense* species complex (Bignoniaceae, Bignoniaceae). **Nordic Journal of Botany**, v. 32, n. 5, p. 620–631, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.00275.x>. Acesso em: 25 out. 2024.
- FONSECA, B. A.; DA SILVA, R. D. S. M.; BOTEZELLI, L.; DE LIMA BRAGA, J. P. Remanescentes de Vegetação Nativa em Perímetro Urbano: os Campos de Altitude e a Efetividade de sua Proteção em Poços de Caldas, MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 06, 2944-2959, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/254296/42914>. Acesso em: 11 mai. 2024
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Portaria MMA n. 148, de 7 de junho de 2022. **Diário Oficial da União**, n. 108, p. 74-162, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- MARTINELLI, G.. Mountain biodiversity in Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 587-597, 2007. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/91fe/179ef7e8f2e4da501c233504030dba3f8e17.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- MAURO, C.; PEREIRA, A. M. S.; SILVA, C. D. P.; MISSIMA, J.; OHNUKI, T.; RINALDI, R. B. Estudo anatômico das espécies de cerrado *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellf. ex de Souza (catuaba), *Zeyheria montana* Mart.(bolsa-de-pastor) e *Jacaranda decurrens* Chamisso (caroba)-Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 262-265, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000200021>. Acesso em: 10 ago. 2024
- MENDES, F. R.; MARQUES, L. C. *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stellfeld ex De Souza. **Medicinal and Aromatic Plants of South America: Brazil**, p. 109-119, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-024-1552-0_8. Acesso em: 10 ago. 2024

- NERI, A. V.; BORGES, G. R. A.; MEIRA-NETO, J. A. A.; MAGNAGO, L. F. S.; TROTTER, I. M.; SCHAEFER, C. E. G.; POREMBSKI, S. Soil and altitude drive diversity and functioning of Brazilian Páramos (campo de altitude). **Journal of Plant Ecology**, v. 10, n. 5, p. 771-779, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw088>. Acesso em: 20 mai. 2024.
- PAUSAS, J. G.; LAMONT, B. B.; PAULA, S.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B., FIDELIS, A. (2018). Unearthing belowground bud banks in fire-prone ecosystems. **New Phytologist**, v. 217, n. 4, p. 1435-1448, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.14982>.
- PINHEIRO, A. L.; PEREIRA, F. N.; SILVA, R. D. S. M. D.; RABELO, M. A. Análise da proteção legal dos Campos de Altitude e propostas de áreas para a sua conservação em Poços de Caldas-MG. **Regnella Scientia**, v. 9, n. 3, p.105-122, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.61202/2525-4936.v9.n3.2023.105-122>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- SILVA, R. de S. M. da; BOTEZELLI, L. Identificação de áreas de Campos de Altitude do perímetro urbano de Poços de Caldas/MG pelo sensoriamento remoto e sua contraposição ao Plano Diretor de 2022. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 3, p. 1720–1737, 2024. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.3.p1720-1737>.
- SILVEIRA, F. A.; NEGREIROS, D.; BARBOSA, N. P.; BUISSON, E.; CARMO, F. F.; CARSTENSEN, D. W., LAMBERS, H. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, n. 1, p. 129-152, 2016. DOI: DOI 10.1007/s11104-015-2637-8.
- TEIXEIRA, T. M.; BOEFF, D. D.; DE OLIVEIRA CARVALHO, L.; RITTER, M. R., KONRATH, E. L. The traditional use of native Brazilian plants for male sexual dysfunction: Evidence from ethnomedicinal applications, animal models, and possible mechanisms of action. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 318, p. 116876, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116876>.
- VIEIRA VASCONCELOS, V.; Campos de altitude, campos rupestres e a aplicação da lei da mata atlântica: estudo prospectivo para o estado de minas gerais. **Boletim de Geografia**, v. 32, n. 2, p. 110-133, 2014. Disponível em: 10.4025/bolgeogr.v32i2.18624. Acesso em: 05 abr. 2024.
- WILLIAMS, E. A.; BOTEZELLI, L.; BRAGA, J. P. L.; GODOY, E. J. Vegetação dos Campos de Altitude no Planalto de Poços de Caldas, Minas Gerais. **Regnella Scientia**, v. 9, n. 3, p.135-142, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.61202/2525-4936.v9.n3.2023.135-142>. Acesso em: 11 nov. 2024.