



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas

Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente

Laboratório de Biodiversidade



DEBIO

Departamento de Biodiversidade,
Evolução e Meio Ambiente

Otávio Alves Dos Passos Moura

O SOL NÃO É PARA TODOS: IMPORTÂNCIA DE CAPÕES DE MATA PARA A
OCORRÊNCIA DE *ARISTOLOCHIA SMILACINA*, EM CAMPOS FERRUGINOSOS.

Ouro Preto
2026

Otávio Alves Dos Passos Moura

O sol não é para todos: Importância de capões de mata para a ocorrência de *Aristolochia
smilacina*, em campos ferruginosos.

Monografia apresentada ao Curso de
Bacharelado em Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Ouro Preto como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas

Orientador: Dr. João Custódio Fernandes
Cardoso

Coorientadora: Prof.^a: Dra. Yasmine
Antonini

Ouro Preto

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M929s Moura, Otávio Alves dos Passos.

O sol não é para todos [manuscrito]: importância dos capões de mata para a ocorrência de *Aristolochia smilacina* em campos ferruginosos. / Otávio Alves dos Passos Moura. - 2026.
26 f.

Orientador: Dr. João Custódio Fernandes Cardoso.

Coorientadora: Profa. Dra. Yasmine Antonini.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas .

1. Aristolochiaceae. 2. Fenologia. 3. Vegetação e clima. I. Cardoso, João Custódio Fernandes. II. Antonini, Yasmine. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 581.9

Bibliotecário(a) Responsável: Renata Mara de Almeida - CRB-6: 2507



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E
MEIO AMBIENTE



FOLHA DE APROVAÇÃO

Otávio Alves Dos Passos Moura

O sol não é para todos: Importância de capões de mata para a ocorrência de *Aristolochia smilacina* em campos ferruginosos

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Aprovada em 30 de julho de 2026

Membros da banca

Dra. Yasmine Antonini – Presidente da banca - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Ana Carolina Pereira Machado - PPG Ecologia de Biomas Tropicais
Dra. Thayane Nogueira - PPG Ecologia de Biomas Tropicais)

Yasmine Antonini, co-orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 03/08/2026



Documento assinado eletronicamente por **Yasmine Antonini Itabaiana, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/08/2026, às 09:56, 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 http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1145739** e o código CRC **5C0C8714**.

“O real não está na saída nem na chegada: ele se dispõe para a gente é no meio da travessia.” **João Guimarães Rosa**

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, à Universidade Federal de Ouro Preto — UFOP, pelo apoio à minha formação acadêmica e pelas oportunidades de aprendizado ao longo da graduação.

Agradeço também ao fomento PIP/UFOP e ao Funbio, por meio do projeto BeeDiversidade, pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa. Estendo meus agradecimentos ao Laboratório de Biodiversidade, pelo suporte, pela estrutura e pelas contribuições durante a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Dr. João Custódio Fernandes Cardoso, agradeço pela orientação, paciência, disponibilidade e pelos ensinamentos compartilhados ao longo desta trajetória. À minha coorientadora, Dra. Yasmine Antonini, agradeço pelas contribuições, pela atenção e pelo apoio durante o desenvolvimento deste projeto.

À minha mãe, Wanda Aparecida do Prado Moura, deixo meu agradecimento mais especial, por todo amor, incentivo, cuidado e por sempre acreditar em mim. À família Moura, agradeço pelo apoio, pela presença e pela força em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Beatriz e Guilherme, agradeço pelo companheirismo, carinho e por fazerem parte dessa caminhada.

À minha namorada, Lara Rodrigues, agradeço pelo amor, paciência, apoio e incentivo, especialmente nos momentos mais difíceis desta trajetória.

Agradeço também à República Casanova, que foi parte importante da minha vivência em Ouro Preto. Em especial, agradeço ao Igor, Gabriel, Matheus, Diego, Alberto, Victor, Cleyson e Nathan, pela amizade, convivência, parceria e pelos momentos compartilhados ao longo desses anos.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha formação pessoal e acadêmica, em especial a Livia por ter iniciado esse projeto.

Resumo

Os campos rupestres ferruginosos apresentam elevada heterogeneidade ambiental e abrigam espécies adaptadas a condições ecológicas específicas. Entre essas espécies, trepadeiras do gênero *Aristolochia* se destacam por seu hábito de crescimento e por suas flores especializadas, frequentemente associadas à polinização por dípteros. Este estudo teve como objetivo avaliar a fenologia reprodutiva e a distribuição espacial de *Aristolochia smilacina* em uma área de canga no Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto, em Ouro Preto, Minas Gerais. Para isso, foram acompanhados 28 indivíduos ao longo de dois ciclos reprodutivos, com registro da produção de flores e análise da sazonalidade por estatística circular. A distribuição espacial da espécie foi avaliada em parcelas subdivididas em microambientes classificados como área aberta, borda e interior de capões de mata, além da caracterização da luminosidade desses ambientes. Foram registradas 43 flores, com floração exclusivamente nos meses relativamente úmidos, principalmente entre novembro e março, e pico no início de janeiro, indicando forte sazonalidade reprodutiva. A espécie não ocorreu nas áreas abertas de canga couraçada que possuem maior luminosidade, sendo registrada apenas na borda e no interior dos capões, onde apresentou ocorrência semelhante. Esses resultados indicam que *A. smilacina* depende da sazonalidade climática para sua reprodução e dos capões de mata para sua ocorrência, reforçando a importância desses microambientes para a conservação de espécies especializadas em paisagens ferruginosas.

Palavras-chave: *Aristolochia smilacina*; fenologia; canga; capões de mata; campo rupestre.

Abstract

The ferruginous rocky fields exhibit high environmental heterogeneity and are home to species adapted to specific ecological conditions. Among these species, climbers of the genus *Aristolochia* stand out due to their growth habit and specialized flowers, which are often associated with pollination by dipterans. This study aimed to evaluate the reproductive phenology and spatial distribution of *Aristolochia smilacina* in a canga area on the Morro do Cruzeiro Campus of the Federal University of Ouro Preto, in Ouro Preto, Minas Gerais. For this purpose, 28 individuals were monitored over two reproductive cycles, with records of flower production and seasonality analysis using circular statistics. The spatial distribution of the species was evaluated in plots subdivided into microenvironments classified as open areas, forest edges, and interiors, in addition to characterizing the luminosity of these environments. A total of 43 flowers were recorded; flowering occurred exclusively during relatively humid months—primarily between November and March, peaking in early January—indicating strong reproductive seasonality. The species did not occur in the open areas of armored canga that have greater luminosity, being recorded only on the edge and inside the thickets, where it showed a similar occurrence. These results indicate that *A. smilacina* depends on climatic seasonality for its reproduction and on forest patches for its occurrence, reinforcing the importance of these microenvironments for the conservation of species specialized in ferruginous landscapes.

Keywords: *Aristolochia smilacina*; phenology; canga; capões de mata; campo rupestre.

Sumário

1	Introdução.....	8
3	Materiais e métodos	11
3.1	Espécie e Área de estudo	11
3.2	Fenologia	12
3.3	Distribuição espacial.....	13
4	Resultados	15
5	Discussão.....	17
6	Conclusão.....	20
7	Referências	21

1 Introdução

A heterogeneidade ambiental trata-se da variação e complexidade estrutural de um sistema ao longo do espaço (Li; Reynolds, 1995). Ambientes estruturalmente mais complexos oferecem mais condições e nichos ecológicos, propiciando a coexistência entre organismos e mantendo diversidade biológica (Bilia et al., 2015; Pereira; Almeida, 2023; Vargas; Amaral; Almeida, 2018). Por exemplo, a heterogeneidade ambiental pode favorecer organismos com hábitos especializados, como as trepadeiras (Sfair, 2009). Essas utilizam outras plantas ou estruturas como suporte para alcançar estratos mais elevados da vegetação (Joanitti et al., 2017). Ainda, elas podem apresentar crescimento reptante, adaptadas a condições específicas de solo e microclima. Assim, a distribuição das trepadeiras costuma ser agregada e relacionada à arquitetura da vegetação, sendo mais frequente em áreas onde há maior entrada de luz, como bordas e clareiras (Hegarty e Caballé, 1991).

Alguns grupos são compostos majoritariamente por espécies de trepadeiras, como o caso do gênero *Aristolochia* (Aristolochiaceae) (Fernandes et al., 2021). As flores de *Aristolochia* se destacam pela estratégia de usarem armadilhas complexas polinizadas através da captura de dípteros que são atraídos por características como coloração e odor (Freitas et al., 2022; Sousa, 2011). O gênero apresenta relevância ecológica tanto por seu hábito de crescimento, frequentemente associado à vegetação de borda, quanto por suas interações reprodutivas especializadas. O gênero ocorre associado a diversas formações vegetacionais, incluindo florestas, savanas e vegetação sobre cangas, como ocorre no campo rupestre brasileiro (Freitas; Alves-Araújo, 2017)

No caso do campo rupestre, destaca-se a Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE) que é uma cadeia de montanhas altamente biodiversa, tendo 15% da flora brasileira em apenas 0,8% da área do espaço (Silveira et al., 2016; Zappi et al., 2017). Além da preservação de uma biodiversidade única, os campos rupestres têm a função de provisão de serviços ecossistêmicos, atuando, por exemplo, na captação e no provisionamento hídrico, na regulação climática e no estoque de carbono. Em um sentido amplo, o campo rupestre é um mosaico montano e herbáceo-arbustivo propenso ao fogo e associado a formações quartzíticas, areníticas ou ferruginosas, essas últimas também conhecidas como cangas (Silveira et al., 2016). Esses ambientes são altamente sazonais, com períodos de seca e chuva bem definidos (Kuster et al., 2016). Apesar de ter atividades

fenológicas reprodutivas ao longo de todo o ano, a maior parte das espécies floresce e frutifica na chuva, ressaltando a dependência da comunidade à fatores abióticos, como a temperatura e a disponibilidade hídrica (Cardoso et al., 2026; Scherer; Maraschin-Silva; Baptista, 2005)

Embora predominantemente associados a ambientes abertos, os campos rupestres, incluindo as cangas, apresentam elevada heterogeneidade ambiental associada a paisagens arbustivas e árvores com fechamento de dossel (Zappi et al., 2019). Por exemplo, os capões de mata (FIG. 1) caracterizam-se por serem ilhas de vegetação arbóreo-arbustivo estabelecidas em meio à matriz campestre ou rochosa, quando há condições edáficas favoráveis (Meguro et al., 1996; Coelho, 2014). Por exemplo, os requerimentos de solo para estabelecimento de capões incluem maior espessura, umidade, drenagem e nutrientes (Coelho, 2014; Costa et al., 2021). Por outro lado, os capões de mata criam condições microclimáticas diferentes das do entorno, incluindo luminosidade, temperatura e umidade (Coelho, 2014). Ainda é possível que existam variações dentro dos capões, como em áreas de interior e de borda que estão mais sujeitas aos efeitos das áreas mais abertas (Mendonça, 2019). Apesar de ocuparem pequenas extensões territoriais, os capões apresentam importância ecológica por elevarem a heterogeneidade ambiental no campo rupestre, atuando como refúgios para espécies menores e aumentando a biodiversidade regional (Coelho, 2014; Costa et al., 2021). As cangas e os capões associados são ambientes únicos e diversos, porém são o principal foco da mineração de ferro, sendo ambientes fortemente ameaçados (De Paula et al., 2026). Ainda, mudanças climáticas nesses ambientes altimontanos podem afetar o ciclo anual das estações, alterando a fenologia dos organismos. Assim, compreender os padrões de diversidade e a ecologia dos organismos das cangas no espaço e no tempo é fundamental para evidenciar a importância de sua conservação para manutenção da diversidade e serviços ecossistêmicos.

No intuito de investigar a fenologia e a distribuição de plantas trepadeiras em cangas, usamos *Aristolochia smilacina* (Dutch, 1864) (FIG. 2) como modelo de estudo, caracterizando a fenologia de floração e distribuição espacial. Primeiramente, caracterizamos a distribuição das flores ao longo de dois anos. Em seguida, testamos como a heterogeneidade ambiental, promovida pelos capões de mata imersos nas cangas do campo rupestre pode manter micro-habitats favoráveis para a ocorrência de *A. smilacina*, sendo um exemplo de como os capões podem manter a diversidade de plantas

não herbáceas associadas. Para tanto, nós caracterizamos a luminosidade nos ambientes abertos, de borda e no interior dos capões.

Hipotetizamos que (1): uma espécie de trepadeira, com poucas reservas, concentrará o esforço reprodutivo e florescerá no período das chuvas, em resposta à disponibilidade hídrica e de polinizadores especializados, que são mais escassos na seca. E (2) que *A. smilacina* ocorrerá preferencialmente na borda das cangas, seguida do interior, ambiente subótimo devido à quantidade de luz, e, por fim, na área aberta, que apresenta condições restritivas de substrato rochoso e altas temperaturas.

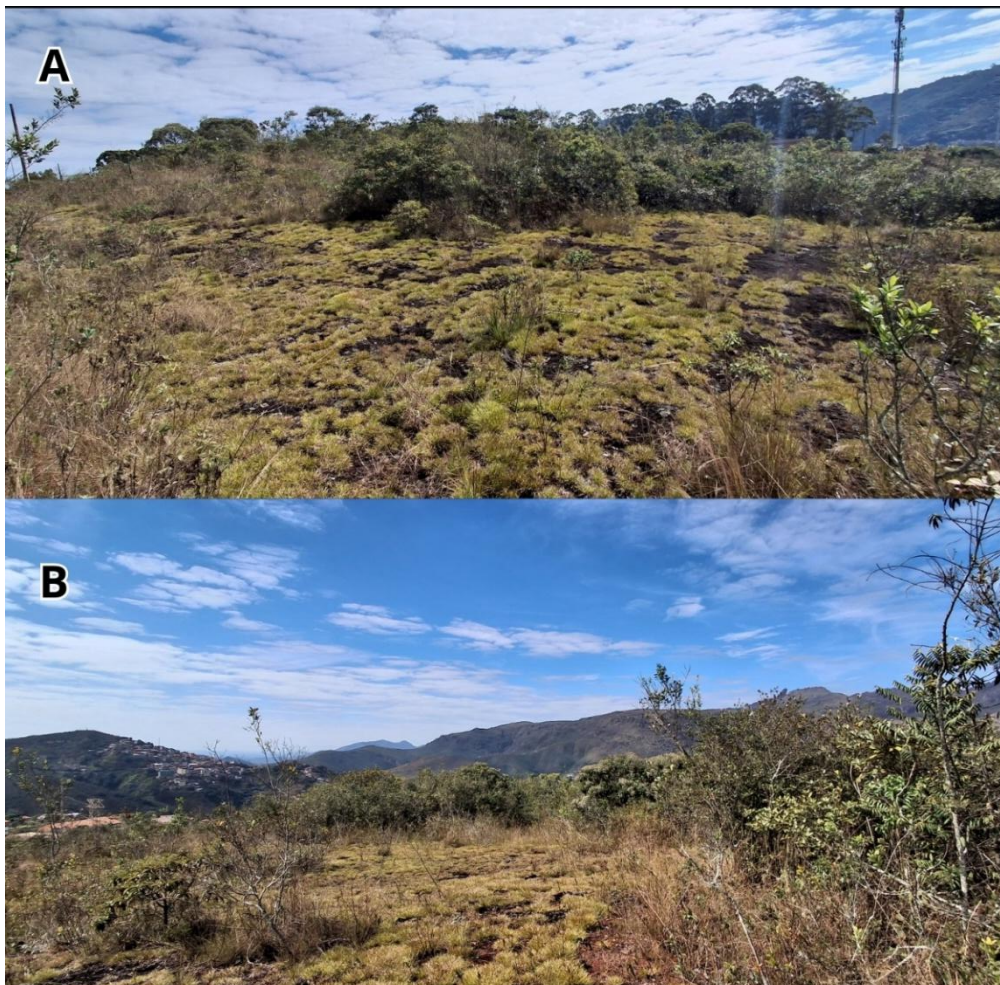


Figura1.: Capões de mata na área de estudo (materiais e métodos – Espécie e área estudada)

2 Material e métodos

2.1 Espécie e Área de estudo

A espécie *A. smilacina* (FIG. 2) é uma espécie de trepadeira de hábito herbáceo serpentante, suas flores tem um tamanho médio de 23 mm, ocorrem principalmente em ambientes rochosos e sendo comum em Minas Gerais (Freitas; Alves-Araújo, 2017). A espécie apresenta flores tubulares características do gênero, com estruturas especializadas que atuam como armadilhas temporárias para dípteros, favorecendo a polinização principalmente por dípteros (Matallana-Puerto et al., 2025).

O presente estudo foi realizado em uma área de canga localizada no campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), em Ouro Preto, Minas Gerais (20°23'49"S; 43°30'19"W; FIG. 3). A área tem 3,512 ha e insere-se na região da RBSE no Quadrilátero Ferrífero. O clima na região é subtropical de altitude do tipo Cwb de acordo com a classificação Köppen-Geiger, com inverno seco e verão chuvoso (FIG. 4A), a temperatura média mensal de 17,5 °C e pluviosidade média anual de 1574 mm. Os períodos relativamente úmidos são de Setembro a Abril enquanto os períodos relativamente secos são de Maio a Agosto (FIG. 4A) (Alvares et al., 2013).

A área é caracterizada pela presença de capões de mata distribuídos sobre a matriz de campos ferruginosos sobre canga (canga couraçada e canga nodular) caracterizados respectivamente pela presença de rocha mais contínua formando lajedos ou couraças

(canga couraçada), e presença de maior fragmentação rochosa, favorecendo o acúmulo de solo e maior permeabilidade (canga nodular) (Scalon; Martins, 2012).

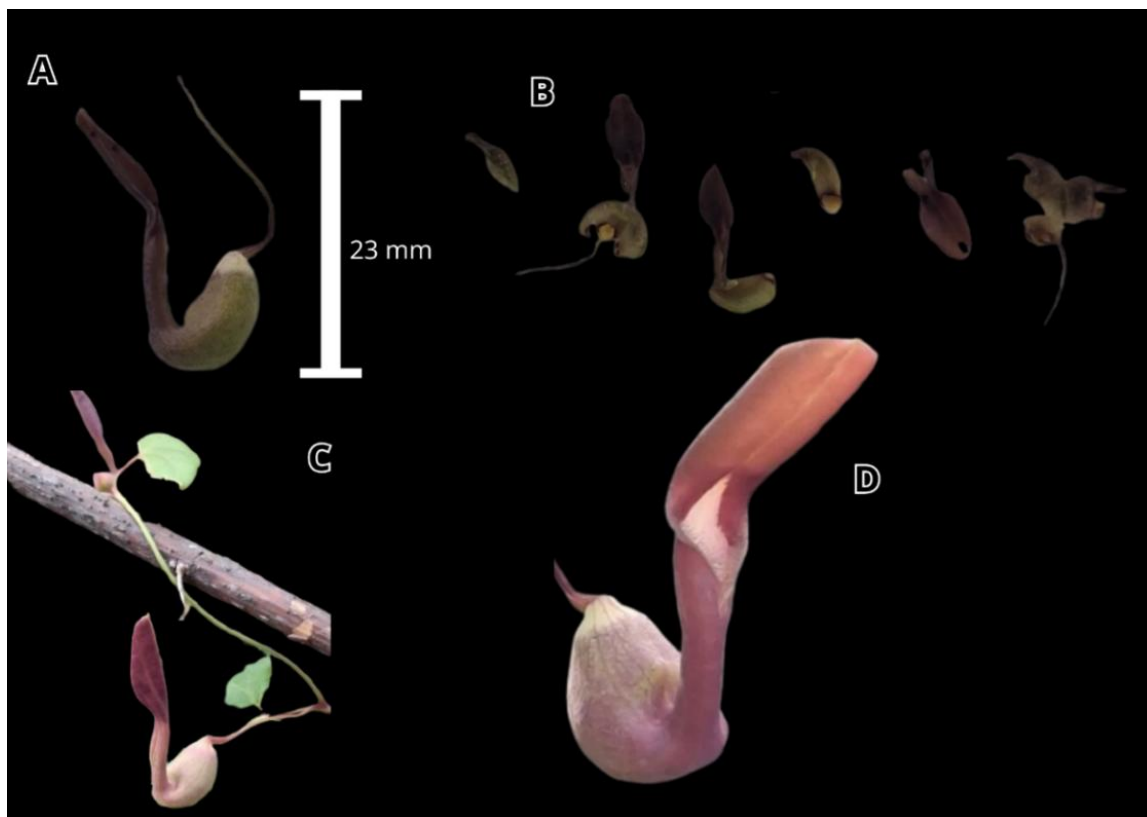


Figura2.: A: Tamanho de *A. smilacina*; B: *A. smilacina* aberta exibindo as partes florais como o tubo e interior do utrículo, C: *A. smilacina* em seu habitat um dia antes de sua abertura; D: *A. smilacina* aberta com tricomas expostos

2.2 Fenologia

Para o estudo da fenologia reprodutiva de *A. smilacina*, foram selecionados e acompanhados 28 indivíduos na área de estudo de julho/2024 até julho/2026, totalizando dois anos. O registro da produção de flores foi realizado em intervalos quinzenais, com incursões diárias durante a época floração, para maximizar as chances de registrar todas as flores. Nós usamos estatística circular para analisar a distribuição da floração (sensu Morellato et al., 2010). Uma vez que as observações foram quinzenais, o ano representado pelo círculo (360°) foi dividido em 24 setores iguais, correspondendo a 15° cada. O ponto médio de cada setor correspondeu a uma quinzena (Morellato et al., 2010). Nós também calculamos estatísticas descritivas usando o pacote circular (Agostinelli & Lund 2025), incluindo a média circular (μ_{circ}), o desvio padrão circular (sd_{circ}) e o vetor r . A μ_{circ} corresponde ao ponto do tempo de concentração fenológica (i.e., o dia do ano: DOY) e o

desvio padrão representa a dispersão em torno dessa média. O vetor r , indica o grau de agregação em torno da μ_{circ} , variando de 0 (distribuição uniforme perfeita) a 1 (agregação perfeita) (Morellato et al., 2010)

Nós testamos a uniformidade da distribuição usando um teste de MANOVA onde os ângulos foram linearizados através do concatenamento dos seus respectivos senos e cossenos, que então representam vetores em um círculo unitário (ou seja, as componentes x e y de tal vetor) (Landler et al., 2022). A hipótese alternativa para o intercepto do modelo indica que a distribuição (vetorial) difere do centro do círculo ($\neq 0, 0$), indicando um agrupamento significativo (em volta da μ_{circ}) e, portanto, não uniformidade (Landler et al., 2022). Aplicado à fenologia, isso representa ocorrência de sazonalidade (Morellato et al. 2010). Além disso, incluímos o ano como fator adicional para investigar se a distribuição das florações difere entre 2024 e 2025. All analyses were conducted in R software (R Core Team 2024).

2.3 Distribuição espacial

Para avaliar a distribuição espacial de *A. smilacina* na área de estudo, foram definidos 20 pontos por meio de aleatorização restrita ao polígono que representa a área de estudo no software QGIS (QGIS development team, 2024). A partir dos centroides desses pontos, foram criadas parcelas quadradas de 5×5 m subdivididas em subparcelas de 1×1 m, totalizando 25 subparcelas por ponto amostral e 500 ao longo de toda a área (FIG. 3). Durante julho/2024, cada subparcela de 1×1 m foi classificada em um dos três microambientes de acordo com sua posição em relação aos capões (FIG. 3): 1 – “Fora do capão”, correspondente às áreas localizadas em canga couraçada; 2 – “Borda do capão”, correspondente às áreas situadas até um metro do início do capão, representando uma região de transição; e 3 – “Interior do capão”, correspondente às áreas localizadas no interior dos capões, inseridas sobre canga nodular, a partir do primeiro metro de borda, dado que *A. smilacina* são ervas volúveis decumbentes (sensu Sperotto et al., 2020) Contar os ramos na superfície como indivíduos distintos poderia gerar estimativas imprecisas. Assim, foi registrado se havia ou não a presença de *A. smilacina* em cada subparcela (FIG. 3). Diferenças na probabilidade de ocorrência de *A. smilacina* ao longo das subparcelas entre os três tipos de microambiente foram analisadas por meio de um GLMM (modelo linear generalizado misto). A distribuição binomial foi ajustada com complementary log-log link function, que é mais recomendada quando os valores de

presença e ausência são assimétricos (presença vs. ausência de *A. smilacina*: 73 vs. 427) (Stroup, 2012). A identidade da parcela que continha as subparcelas foi tratada como fator aleatório para considerar a pseudorreplicação do desenho amostral. Para a análise de post hoc entre os três níveis, realizamos contrastes com correção de Tukey. Devido à ausência de registros de *A. smilacina* na área de canga couraçada, adicionamos um único valor de presença para gerar variabilidade e permitir o cálculo dos contrastes.

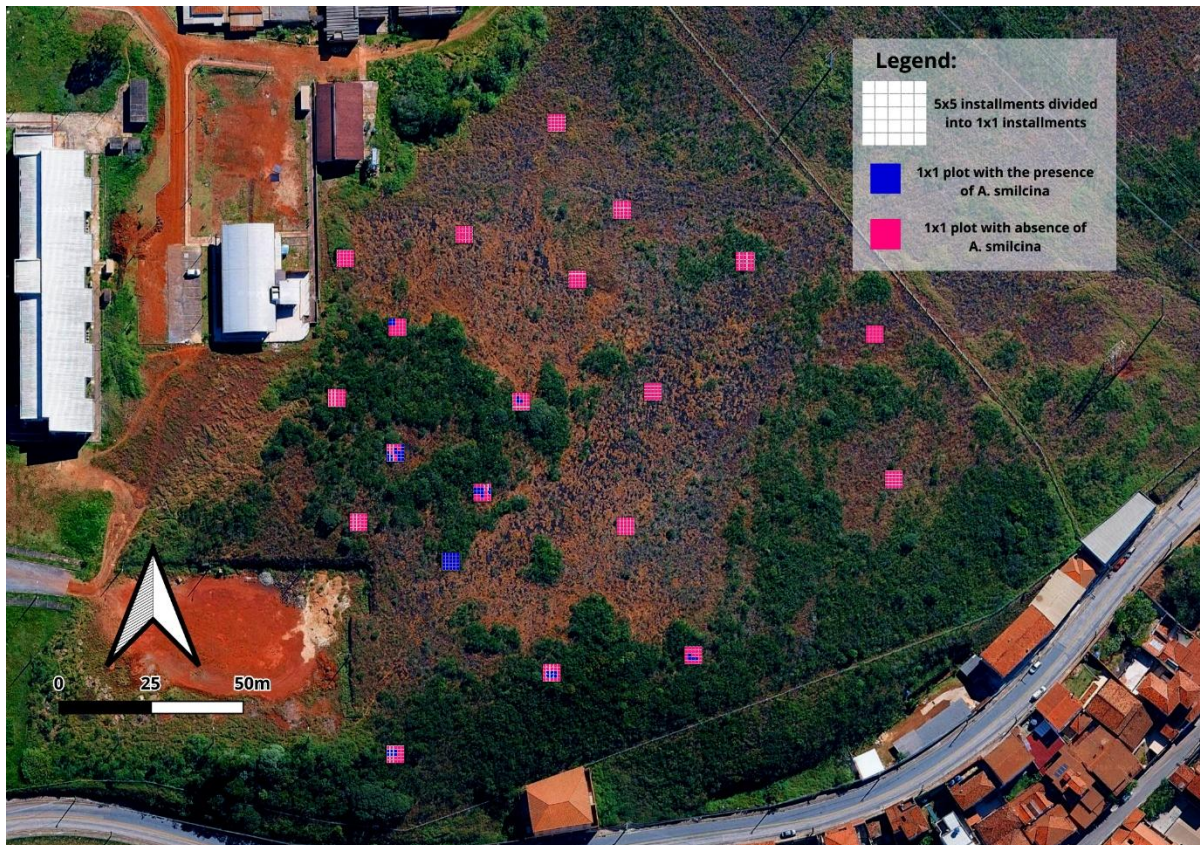


Figura3: Amostragem de *A. smilacina* nas subparcelas de 1 x 1 e parcelas de 5x5, azul representa a presença e rosa a ausência. Imagem gerada e pontos distribuídos de forma aleatória pelo software QGIS.

Para caracterização do microambiente nas três categorias de micro-habitat, avaliamos as condições de luminosidade, permitindo inferir diferenças na incidência luminosa. As medições de luminosidade foram realizadas através de um Luxímetro Digital Minipa MLM-1011® com medições foram feitas na Unidade de medida Lux (x100). As medições foram padronizadas entre 10h e 11h, respeitando as condições adequadas de leitura do equipamento. Foram feitas 165 medições sendo 81 de áreas fora do capão, 36 na borda dos capões e 48 no interior dos capões, o critério utilizado era fazer as medições em cada parcela de 5x5 medindo as regiões presentes nela, podendo no

máximo 5 medições por categoria nas parcelas. Diferenças na luminosidade entre os três microambientes foram analisadas através de um GLMM com distribuição gaussiana e identidade da parcela como fator aleatório, seguido de um teste post hoc de Tukey.

Os GLMMs foram construídos usando o pacote glmmTBM (Brooks et al., 2017) e o ajuste foi verificado simulando os resíduos 250 vezes usando o pacote DHARMA v. 0.4.7 (Hartig, 2024). Os testes de significância foram realizados por meio da razão de verossimilhança, comparando o modelo com a preditora e com o modelo nulo para a obtenção de valores de p. Os testes de post hoc foram feitos usando o pacote emmeans (Lenth & Piaskowski 2026). Os resultados foram apresentados e plotados usando os valores ajustados (preditos) de modelo, que foram retro transformados usando a função ggeffect disponível no pacote Rggeffects v. 2.3.2 (Lüdecke 2018). Todas as análises foram feitas no software R versão 4.6.0 (R Core Team, 2026).

3 Resultados

Ao longo dos dois ciclos avaliados, foram registradas um total de 43 flores, sendo 7 no ciclo 2024–2025 e 36 no período 2025–2026. Houve um efeito significativo do intercepto (Pillai = 0.97, $F_{1,41} = 673.74$, $p < 0.001$; FIG. 4B), indicando que a floração de *A. smilacina* não é uniformemente distribuída, apresentando sazonalidade. A produção floral ocorreu exclusivamente nos meses relativamente úmidos, principalmente entre novembro e março, com pico de floração correspondente a 01 de janeiro ($\mu_{circ} = 1.36^\circ$; $sd_{circ} = 30.43$). Ainda, a distribuição da floração foi agregada em torno da μ_{circ} , com vetor r de 0.87. Por outro lado, não houve diferença na distribuição temporal das flores entre os dois ciclos (Pillai = 0.04, $F_{1,41} = 0.78$, $p = 0.47$; FIG. 4B). A média do ciclo de

2024–2025 correspondeu a 19 de dezembro ($\mu_{\text{circ}} = 347.96^\circ$; $\text{sd}_{\text{circ}} = 30.11$), enquanto a média de 2025–2026 correspondeu a 04 de janeiro ($\mu_{\text{circ}} = 3.93^\circ$; $\text{sd}_{\text{circ}} = 29.81$).

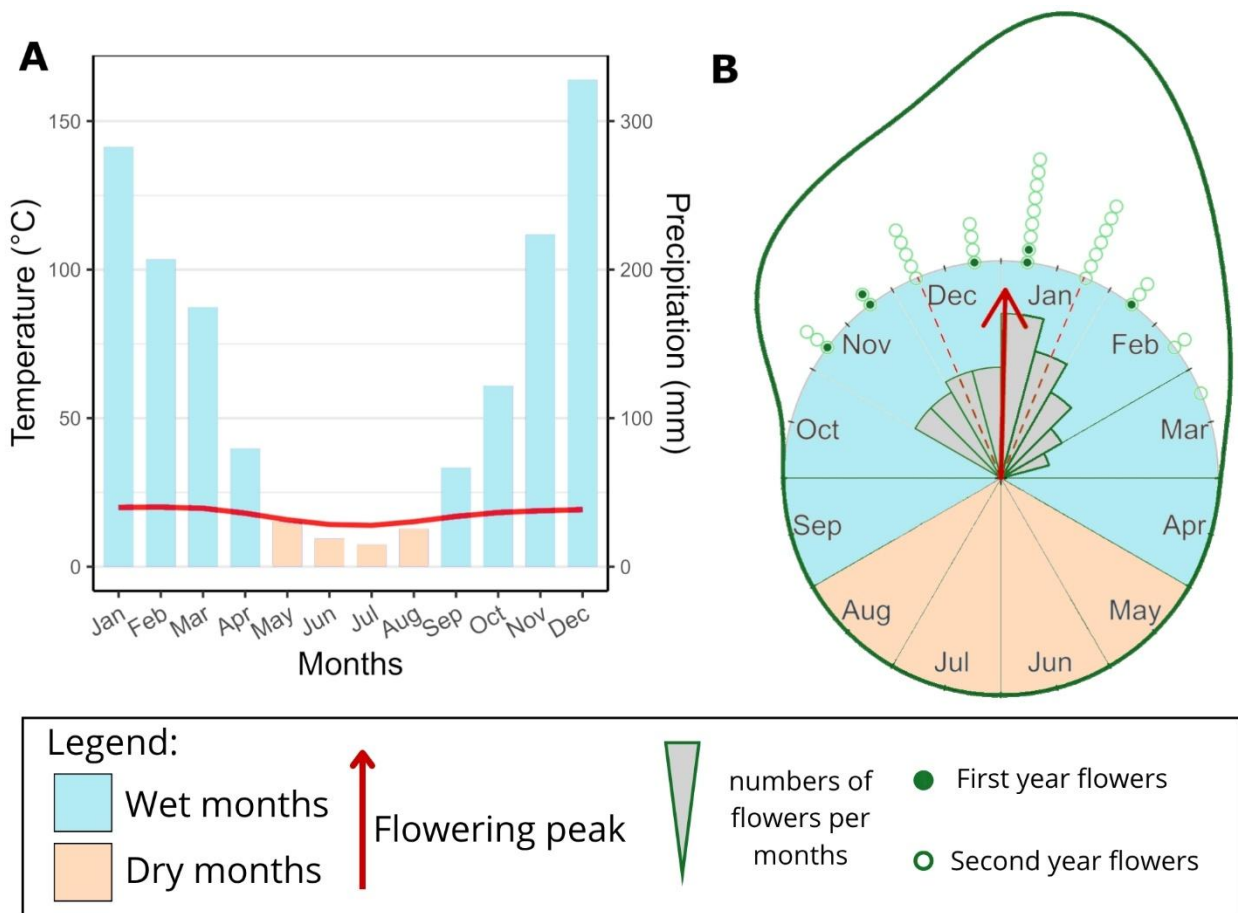


Figura4.: A: diagrama climático de Walter e Lieth O gráfico representa o climograma para da cidade de Ouro Preto. As barras indicam a pluviosidade (eixo y) enquanto a linha vermelha representa a temperatura média (eixo z) ao longo dos meses. Os meses com pluviosidade acima e abaixo da linha de temperatura representam os períodos relativamente úmidos e relativamente secos, respectivamente; B:Gráfico circular correspondendo a floração da espécie relacionado aos meses relativamente úmidos e secos.

Houve diferenças significativas nos níveis de luminosidade entre os micro-habitats, caracterizando um gradiente luminoso da área externa em direção ao interior dos capões ($\chi^2 = 348.24$, $\text{df} = 2$, $p < 0.001$; FIG 5B). A área fora dos capões apresentou os maiores valores de luminosidade (média marginal $\pm$ se: $1217,86 \pm 17,50 \text{ lux} \times 100$), seguida pela borda ($676,78 \pm 26,24 \text{ lux} \times 100$), e interior ($116,04 \pm 22,73 \text{ lux} \times 100$). Todos os três grupos foram diferentes um do outro.

Houve diferenças significativas na probabilidade de ocorrência de *A. smilacina* entre os micro-habitats ($\chi^2 = 74.83$, $df = 2$, $p < 0.001$; FIG. 5A). A espécie não ocorreu nas áreas fora dos capões. Por outro lado, *A. smilacina* ocorreu em frequências similares nas regiões de borda ($41,10 \pm 0,68$) e no interior dos capões ($43,27 \pm 0,63$).

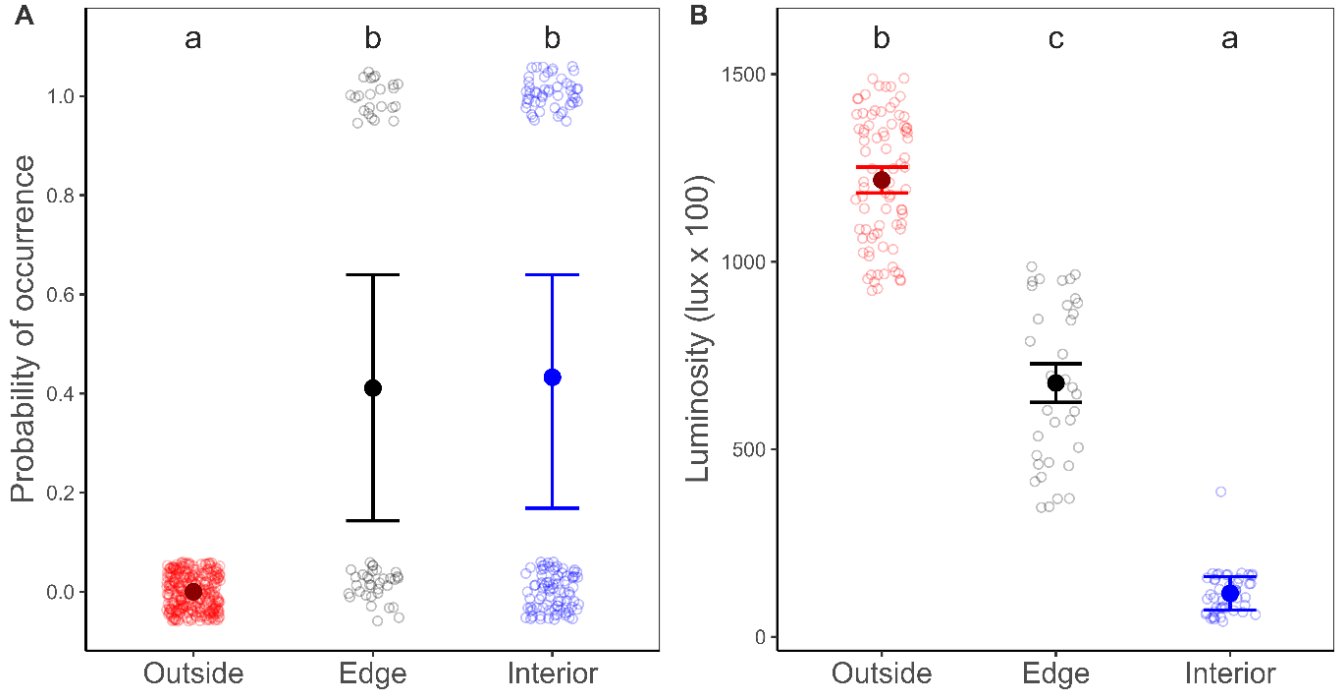


Figura 5.: Gráfico A: probabilidades de ocorrência de *A. smilacina* nos micro-habitats; Gráfico B incidência de luminosidade medida em lux X 100 nos micro-habitats: couraçada (outside), borda (edge) e interior;

4 Discussão

Nossos resultados indicam que a fenologia reprodutiva de *A. smilacina* apresenta forte sazonalidade, com floração concentrada exclusivamente nos meses relativamente úmidos. Esse padrão sustenta a primeira hipótese de que a espécie concentra seu esforço reprodutivo durante o período chuvoso, em resposta à maior disponibilidade hídrica e, possivelmente, à maior atividade de polinizadores especializados (Souza et al., 2018; Hipólito et al., 2012). Em ambientes de campo rupestre sobre canga, marcados por forte sazonalidade climática e restrições ambientais, a disponibilidade de água é um fator determinante para processos fisiológicos e reprodutivos das plantas (Kuster et al., 2016; Cardoso et al., 2026).

A concentração da floração entre novembro e março, com pico no início de janeiro, sugere que a estação chuvosa oferece condições mais favoráveis para a produção e

manutenção das flores, reduzindo o estresse hídrico e permitindo maior investimento energético em estruturas reprodutivas. Esse padrão é consistente com estudos em campos rupestres e outros ambientes sazonais, onde a floração de muitas espécies se concentra no período úmido (Scherer; Maraschin-Silva; Baptista, 2005; Cardoso et al., 2026). Além disso, o alto valor do vetor r indica forte agregação temporal, reforçando que a espécie apresenta um evento reprodutivo bem definido ao longo do ano.

A ausência de diferenças significativas entre os dois ciclos reprodutivos sugere estabilidade temporal no padrão fenológico da espécie, mesmo com diferenças no número absoluto de flores produzidas entre os anos. Embora o segundo ciclo tenha apresentado produção floral maior, o período de floração permaneceu concentrado na mesma janela temporal. Isso indica que a sazonalidade climática pode atuar como um importante gatilho ambiental para o início da floração (Fonseca et al., 2024; Martins; Camargo; Morellato, 2021), enquanto a intensidade da produção floral pode variar em função de fatores adicionais, como disponibilidade de recursos, vigor individual, variações micro ambientais, e elementos da história de vida como flutuações temporais (Vogado et al., 2022).

Em relação à distribuição espacial, nossos resultados evidenciam a importância dos capões de mata para a ocorrência de *A. smilacina*. A segunda hipótese foi parcialmente corroborada, pois esperava-se maior ocorrência na borda dos capões, seguida pelo interior e, por fim, ausência ou baixa ocorrência em áreas abertas. Embora a espécie não tenha ocorrido em áreas abertas, sua ocorrência foi semelhante entre a borda e o interior dos capões. Esse padrão sugere que a luminosidade, isoladamente, não explica a distribuição da espécie, mas integra um gradiente ambiental mais amplo entre os micro-habitats. A ausência da espécie nas áreas abertas pode indicar um limite superior de tolerância às condições associadas à maior exposição, como maior temperatura, maior amplitude térmica e menor umidade. Como essas variáveis não foram mensuradas diretamente, essa interpretação deve ser considerada com cautela, mas reforça a importância das condições micro ambientais dos capões de mata para o estabelecimento de *A. smilacina*. (Park et al., 2019).

Os capões de mata podem estar favorecendo a ocorrência de *A. smilacina*, uma trepadeira herbácea serpentante que depende tanto de substrato adequado quanto de condições menos extremas para crescimento e manutenção (Campbel et al., 2018, Speroto et al., 2023). Esses ambientes são reconhecidos por promoverem condições

microclimáticas distintas da matriz de canga, incluindo menor amplitude térmica, maior retenção de umidade, maior acúmulo de solo e maior disponibilidade de suporte vegetal (Coelho, 2014; Costa et al., 2021; Kuchenbecker et al., 2021). A ausência da espécie em canga couraçada reforça a limitação imposta por ambientes com solo raso, elevada exposição térmica e menor retenção hídrica (Jacobi et al., 2007; Mourão; Stehmann, 2007; Pereira, 2010).

Embora muitas trepadeiras estejam associadas preferencialmente a bordas por combinarem maior disponibilidade de luz e suporte estrutural (Hegarty e Caballé, 1991, Campbel et al., 2018), os resultados indicam que *A. smilacina* apresenta maior tolerância a ambientes sombreados do que inicialmente previsto. Sua ocorrência semelhante entre borda e interior sugere que a espécie pode estar mais associada à estabilidade microclimática dos capões do que à maximização da luminosidade. Esse padrão reforça a importância da heterogeneidade ambiental na manutenção da biodiversidade em paisagens ferruginosas.

Os capões de mata, apesar de ocuparem pequenas extensões espaciais, funcionam como refúgios ecológicos em meio à matriz aberta de canga (Coelho, 2014; Costa et al., 2021). Ao criarem microambientes distintos, ampliam a heterogeneidade ambiental local e permitem o estabelecimento de espécies com exigências ecológicas específicas, como *A. smilacina*.

Como apresentam-se ainda poucos estudos sobre a espécie, estudos futuros devem investigar de forma mais detalhada os fatores que influenciam sua fenologia. Recomenda-se o monitoramento sazonal dos dípteros associados às flores, a fim de avaliar se a floração concentrada na estação chuvosa está de associado com a maior disponibilidade de polinizadores. Além disso, a medição de variáveis microclimáticas, como temperatura, umidade do ar, umidade do solo e maior acúmulo de solo pode ajudar a compreender quais condições dos capões favorecem a ocorrência da espécie. Também seria importante acompanhar a formação de frutos, a produção de sementes e o estabelecimento de novos indivíduos, permitindo avaliar não apenas a floração, mas o sucesso reprodutivo da espécie ao longo do tempo.

5 Conclusão

Nossos resultados reforçam a importância dos capões de mata como microambientes fundamentais para a manutenção de espécies com exigências ecológicas específicas em paisagens de canga. Mesmo ocupando pequenas áreas, os capões aumentam a heterogeneidade ambiental e podem funcionar como refúgios para plantas trepadeiras e organismos associados. A conservação desses ambientes é especialmente relevante diante das ameaças impostas pela mineração e pelas mudanças climáticas, que podem alterar tanto as condições microclimáticas quanto os padrões fenológicos das plantas. Assim, a manutenção dos capões em áreas de canga contribui não apenas para a preservação de *A. smilacina*, mas também possivelmente para outras espécies de plantas presentes nos capões e interações ecológicas especializadas ligadas a essas espécies.

6 Referências

- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.
- BILIA, Camila G. *et al.* Influência da heterogeneidade ambiental sobre os atributos da comunidade de Chironomidae em lagoas de inundação neotropicais. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 105, n. 1, p. 20–27, mar. 2015.
- CAMPBELL, Mason J., et al. "Edge disturbance drives liana abundance increase and alteration of liana–host tree interactions in tropical forest fragments." *Ecology and Evolution* 8.8 (2018): 4237–4251.
- CARDOSO, João C. F. *et al.* Pollination and plant reproduction in the Cerrado, the world's most biodiverse savanna. **Biological Reviews**, v. 101, n. 1, p. 74–105, fev. 2026.
- COELHO, Marcel Serra. *Os capões de mata da Cadeia do Espinhaço: padrões e processos ecológicos*. 2014. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- COSTA, Thaís Ribeiro *et al.* Flora arbórea de capões na Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. 14 jul. 2021.
- DE PAULA, Luiza F. A. *et al.* Scientists' warning on the global destruction of rock outcrop ecosystems. **Conservation Biology**, p. e70316, 9 maio 2026.
- FERNANDES, José Martins *et al.* Contribuição à taxonomia do gênero *Aristolochia* (Aristolochiaceae) no Estado de Mato Grosso, com uma nova ocorrência para o Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e518101018676, 17 ago. 2021.
- FONSECA, Rosineide Braz Santos *et al.* Myrtaceae flowering strategies in a gallery forest, Chapada Diamantina, Brazil. **Rodriguésia**, v. 75, p. e00042023, 2024.
- FREITAS, Joelcio *et al.* New records of *Aristolochia* (Aristolochiaceae) from Brazil: the importance of citizen science as a tool to study geographic distribution, conservation and insect-plant interactions. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 93, p. e934971, 14 dez. 2022.
- FREITAS, Joelcio; ALVES-ARAÚJO, Anderson. Flora do Espírito Santo: Aristolochiaceae. **Rodriguésia**, v. 68, n. 5, p. 1505–1539, dez. 2017
- HEGARTY, Elwyn E.; CABALLÉ, Guy. Distribution and abundance of vines in forest communities. In: PUTZ, Francis E.; MOONEY, Harold A. (Orgs.). **The Biology of Vines**. 1. ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 1992. p. 313–336.
- HIPÓLITO, J.; Viana, B. F.; Selbach-Schnadelbach, A.; Galetto, L.; Kevan, P. G. Pollination Biology And Genetic Variability Of A Giant Perfumed Flower (*Aristolochia Gigantea* Mart. And Zucc., Aristolochiaceae) Visited Mainly By Small Diptera. *Botany*, V. 90, N. 9, P. 815–829, 2012.

- JACOBI, Claudia M. *et al.* Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 7, p. 2185–2200, jun. 2007.
- JOANITTI, Sabrina Anselmo *et al.* Vascular epiphytes in a woodland savanna forest in southeastern Brazil. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 144, n. 4, p. 439–449, out. 2017.
- KUCHENBECKER, Juliana *et al.* Spatiotemporal Distribution of Herbivorous Insects Along Always-Green Mountaintop Forest Islands. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 4, p. 709403, 27 out. 2021.
- KUSTER, Vinícius Coelho *et al.* PHYSIOLOGICAL AND PHENOLOGICAL VEGETATIVE RESPONSES OF *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg (Myrtaceae) TO THE HYDRIC SEASONALITY OF RUPESTRIAN FIELDS. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 973–981, dez. 2016.
- LI, H.; REYNOLDS, J. F. On Definition and Quantification of Heterogeneity. **Oikos**, v. 73, n. 2, p. 280, jun. 1995.
- MARTINS, Amanda Eburneo; CAMARGO, Maria Gabriela Gutierrez; MORELLATO, Leonor Patricia Cerdeira. Flowering Phenology and the Influence of Seasonality in Flower Conspicuousness for Bees. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 594538, 16 fev. 2021.
- MATALLANA-PUERTO, Carlos A. *et al.* The Hidden Diptera Diversity in *Aristolochia* Trap-Flowers: Revealing the Identity of Pollinators Through Taxonomic Knowledge. **Journal of Applied Entomology**, v. 149, n. 10, p. 1502–1512, dez. 2025.
- MEGURO, Marico; PIRANI, José Rubens; MELLO-SILVA, Renato de; GIULIETTI, Ana Maria. Estabelecimento de matas ripárias e capões nos ecossistemas campestres da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 15, p. 1-11, 1996.
- MENDONÇA, Angelo Roberto. Efeito de borda sobre o microclima em diferentes estágios de sucessão em Floresta Atlântica. **Revista Biociências**, 2019.
- MORELLATO, LPC; ALBERTI; HUDSON, L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: **Phenological research**. [S.l.]: Springer, 2010. p. 339-359.
- MOURÃO, Ana; STEHMANN, João Renato. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 4, p. 775–786, out. 2007.
- PARK, Si-Hyun; NAM, Bo Eun; KIM, Jae Geun. Shade and physical support are necessary for conserving the *Aristolochia contorta* population. *Ecological Engineering*, v. 135, p. 108-115, 2019. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2019.05.019.

PEREIRA, Aianã Francisco Santos. Floristic, fitossociology and soil-vegetation relationship in ferruginous campo rupestre of the Iron Quadrangle, Brazil. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Botânica estrutural; Ecologia e Sistemática) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010

PEREIRA, Joabe Rodrigues; ALMEIDA, Fábio Souto. Influência da heterogeneidade ambiental sobre a mirmecofauna em diferentes usos do solo no município de Bom Despacho, estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 1, p. e64534, 28 mar. 2023.

SCALON, Viviane R.; MARTINS, Cristiane. Florística dos remanescentes de campo rupestre sobre canga no Campus Morro do Cruzeiro/ UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. 2012.

SCHERER, Adriano; MARASCHIN-SILVA, Fabiana; BAPTISTA, Luís Rios De Moura. Florística e estrutura do componente arbóreo de matas de Restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 717–726, dez. 2005.

SFAIR, J. C. A DIVERSIDADE DE TREPADERAS ESTA RELACIONADA COM A DIVERSIDADE DE ARVORES? [S.d.].

SILVEIRA, Fernando A. O. *et al.* Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, n. 1–2, p. 129–152, jun. 2016

SOUSA, Juliana Hipólito. Ecologia e Biologia da Polinização de *Aristolochia gigantea* (Aristolochiaceae) Mart. e Zucc. **Ecologia e Biologia da Polinização de *Aristolochia gigantea* (Aristolochiaceae) Mart. e Zucc.**, n. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento), 2011.

SOUZA, C. S.; Maruyama, P. K.; Aoki, C.; Sigrist, M. R.; Raizer, J.; Gross, C. L.; Araujo, A. C. Temporal Variation In Plant–Pollinator Networks From Seasonal Tropical Environments: Higher Specialization When Resources Are Scarce. *Journal Of Ecology*, V. 106, P. 2409–2420, 2018.

SPEROTTO, Patrícia *et al.* Towards a Standardization of Terminology of the Climbing Habit in Plants. **The Botanical Review**, v. 86, n. 3–4, p. 180–210, dez. 2020.

VARGAS, Andre Barbosa; AMARAL, Gustavo Correio; ALMEIDA, Fábio Souto. Quais fatores influenciam a riqueza de espécies de formigas na serapilheira: frequência ou riqueza de plantas? **Acta Scientiae et Technicae**, v. 5, n. 2, 9 abr. 2018.

VOGADO, Nara O. *et al.* Climate Change Affects Reproductive Phenology in Lianas of Australia's Wet Tropics. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 5, p. 787950, 9 jun. 2022.

ZAPPI, Daniela C. *et al.* Plant Biodiversity Drivers in Brazilian Campos Rupestres: Insights from Phylogenetic Structure. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 2141, 19 dez. 2017.

ZAPPI, Daniela C. *et al.* Plotting a future for Amazonian canga vegetation in a campo rupestre context. **PLOS ONE**, v. 14, n. 8, p. e0219753, 5 ago. 2019.